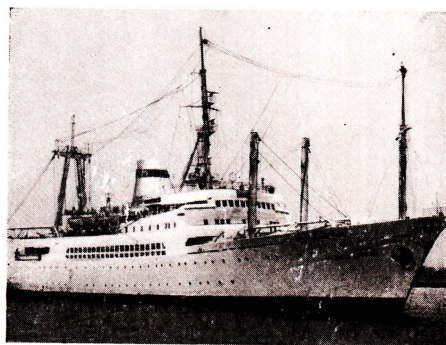
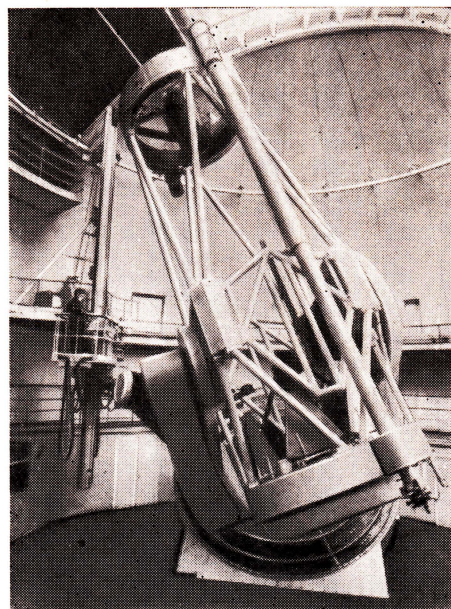




ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

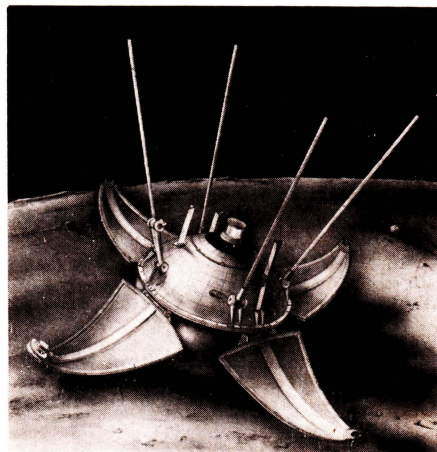
5

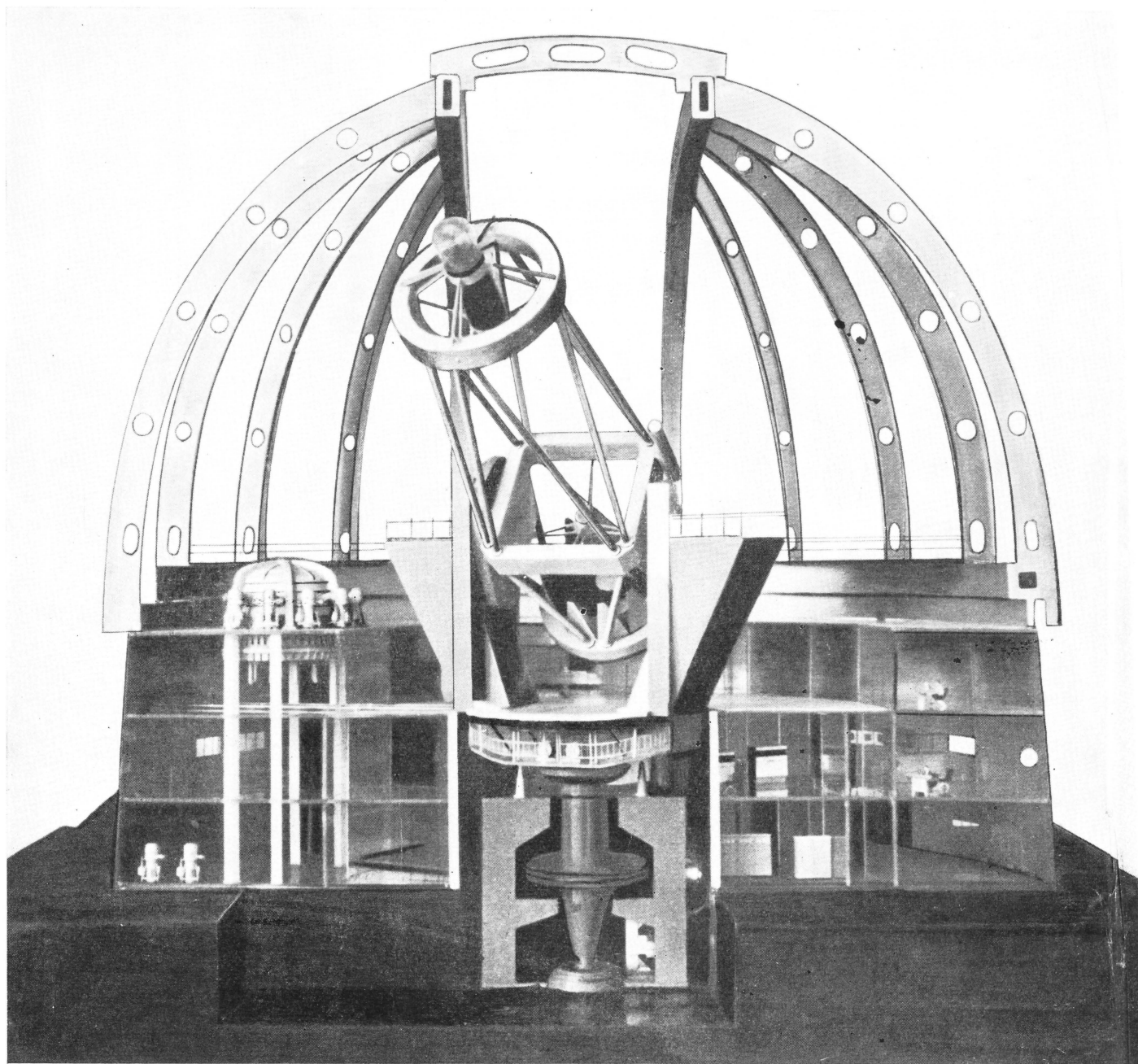
1967

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА





Макет крупнейшего в мире высокоавтоматизированного оптического телескопа, предназначенного для решения наиболее актуальных задач астрономии и космонавтики. Диаметр главного параболического зеркала — 6 м. Телескоп имеет азимутальную установку, управление которой осуществляется с помощью электронно-вычислительной машины [экспонат Юбилейной выставки ВДНХ, павильон «Машиностроение», раздел «Оптика»]

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный журнал **В НОМЕРЕ**
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



СЕНТЯБРЬ — ОКТЯБРЬ

5

1967

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА

Науки о Земле и Вселенной к полувековому юбилею Октября	2
10 лет советских космических исследований	6
М. С. Зверев — Новое в советской астрометрии за 50 лет .	14
А. А. Изотов — Успехи изучения фигуры Земли в СССР .	25
Е. К. Харадзе — Звездная астрономия	31
А. С. Монин, И. М. Белоусов — Открытия в океанах .	44
П. Г. Куликовский — Из истории советской астрономии [1950—1967]. Хроника. Фотодокументы	53
М. И. Будыко — Главная геофизическая обсерватория и раз- витие отечественной метеорологии	60
А. Б. Северный — Оптические исследования Солнца в СССР	66
В. В. Шулейкин — Физика ветровых волн	75

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Н. П. Ерпылев — Юбилейная сессия Астрономического со- вета Академии наук СССР	83
--	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

В. А. Бронштэн — Успехи советской любительской астро- номии	86
А. Д. Марленский, В. Ф. Заболотный — Астрономи- ческие наблюдения в ноябре — декабре 1967 года . .	89

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

В. А. Орлов — Первый советский искусственный спутник Земли на марках мира	92
--	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Ю. П. Псковский — «Атлас обратной стороны Луны. Часть II»	94
--	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Эксперименты, выполненные станциями «Венера-2» и «Венера-3» на пути к Венере [12]; Попытка сбора космических частиц во время метеорного дождя Леонид [13]; Лазер и метеорная опасность [24]; Самый толстый слой вечной мерзлоты [29]; Метеорит Мундрабилла [29]; Переменная звезда с самым коротким периодом [43]; Новое о цефеидах [43]; Когда вспыхнула Сверхновая? [43]; Термолюминесценция Луны [43]; Поглощение света в верхних слоях земной атмосферы [43]; Радиолокация Солнца на волне 7,9 м [74].

На 4-й стр. обложки: созвездие Пегаса и интересные объекты в нем (к статье А. Д. Марленского и В. Ф. Заболотного).



Науки о Земле и Вселенной

Советский народ и миллионы его друзей за рубежом отмечают в 1967 году полувековой юбилей первого социалистического государства нашей планеты.

За короткий исторический срок советский народ свершил великие деяния во всех областях экономики, культуры, науки. Рабочий класс, крестьянство и интеллигенция необъятной нашей Родины, построив первое в мире социалистическое государство, за годы советской власти осуществили грандиозные преобразования. Пройден сложный и славный путь от помещичье-капиталистического строя к социалистическому строю, не знающему эксплуатации; от политического бесправия трудящихся — к социалистической демократии; от национального угнетения народов — к их братству и счастливому мирному труду; от технической и экономической отсталости — к современной индустриализации и механизированному сельскому хозяйству; от неграмотности — к невиданному расцвету образования, культуры и науки.

С первых лет советской власти наука стала общегосударственным делом, предметом постоянной заботы партии и народа. «Наш народ,— говорится в Тезисах ЦК КПСС «50 лет Великой Октябрьской социалистической революции»,— по праву гордится тем, что первая в мире социалистическая держава выдвинула выдающихся ученых, которые внесли огромный вклад в научно-технический прогресс человечества и составляют славу отечественной и мировой науки».

Большими достижениями встречают пятидесятую годовщину Великой Октябрьской социалистической революции и советские исследователи космического пространства, астрономы, геофизики.

Год 50-летнего юбилея нашей страны совпал с завершением первого десятилетия космических исследований.

Знаменательно, что именно Советский Союз, указавший народам мира путь к коммунизму, явился первооткрывателем космической эры. Советские люди гордятся тем, что в нашей стране запущен первый в мире искусственный спутник Земли, что посланцы нашей страны первыми совершили космический полет и первый выход человека из космического корабля в открытый Космос, что вымпелы с Государственным Гербом СССР первыми были доставлены на Луну и Венеру, что советские автоматические станции «Луна-3» и «Зонд-3» передали на Землю первые фотографии обратной стороны Луны, что советский космический аппарат первым осуществил мягкую посадку на Луне. Успехи Советского Союза в исследовании Космоса стали возможными благодаря прогрессу во многих ведущих областях науки и техники. Поэтому триумфальные

Полвека назад наша Родина вступила на социалистический путь общественного развития. Октябрьская революция положила начало избавлению человечества от эксплуататорского строя, воплощению идей научного коммунизма в жизнь, оказала глубочайшее воздействие на весь последующий ход мировой истории. Она открыла эпоху всеобщего революционного обновления мира — эпоху перехода от капитализма к социализму.

К полувековому юбилею Октября



полеты в Космос — наглядная демонстрация разносторонних достижений страны, пришедшей к своему полувековому юбилею. В статье «10 лет советских космических исследований» наш журнал в своем юбилейном номере вновь обращается к пройденному славному пути.

Астрономия, геофизика, исследования космического пространства — три основных научных направления журнала «Земля и Вселенная». Они тесно связаны между собой: тайны Земли раскрываются в Космосе и прогноз земной погоды ежедневно составляется теперь с помощью метеорологических спутников; знания о Земле помогают понять, что происходит на других планетах; космические исследования открывают возможности эксперимента в области астрономии — науки, которая возникла на заре человеческой цивилизации и на протяжении тысячелетий развивалась только как наука наблюдательная.

В числе первых научно-исследовательских учреждений России были Пулковская астрономическая обсерватория, основанная в 1839 году (ныне Главная астрономическая обсерватория Академии наук СССР) и Главная физическая обсерватория, основанная в 1849 году (ныне Главная геофизическая обсерватория имени А. И. Воейкова).

До Октябрьской революции астрономические исследования в России были преимущественно сосредоточены в Пулковской обсерватории, славившейся прежде всего высокой точностью астрометрических наблюдений. Вскоре после Революции начали создаваться и оснащаться отечественными инструментами новые обсерватории и научно-исследовательские институты, в которых развернулись и успешно развиваются в настоящее время наблюдения и теоретические работы в области астрометрии, астрофизики (Луна, планеты, Солнце, звезды, межпланетная и межзвездная среда), звездной и внегалактической астрономии, небесной механики, космогонии и космологии.

В годы войны пострадали многие астрономические учреждения. После войны были восстановлены разрушенные и построены новые обсерватории, оснащенные новейшими инструментами. В нашей стране построен и работает крупнейший в Европе 2,6-метровый телескоп имени Г. А. Шайна, введено в строй несколько других крупных телескопов, создан уникальный коронограф для изучения солнечной короны вне затмений, построены мощные радиотелескопы, проводятся астрономические и астрофизические исследования с помощью бортовой аппаратуры космических кораблей, строится самый большой в мире 6-метровый телескоп-рефлектор. Современная материальная база и новые астрономические кадры позволили советским астрономам добиться больших успехов в иссле-

Высоко подняв над миром зажженный Великим Октябрем факел социализма, советский народ, ленинская партия открыли новую эпоху всемирной истории. Социализм, превратившийся в XIX веке из мечты в науку, в XX столетии с победой Великой Октябрьской революции стал социально-политической практикой миллионов масс трудящихся.

Из Тезисов ЦК КПСС «50 лет Великой Октябрьской социалистической революции»

Мы на верном пути к цели — построению коммунизма, подготовленному всем полувековым развитием советского общества.

Мы вооружены передовой научной теорией — учением марксизма-ленинизма, опираемся на богатейший опыт революционной борьбы и социалистического строительства.

Мы идем в едином интернациональном строю с международным рабочим классом, братскими странами социализма, силами национально-освободительного движения в борьбе против империализма, за мир, демократию и социализм, национальную независимость, безопасность и свободу народов.

довании Вселенной, советская астрономия сейчас занимает одно из передовых мест в мировой науке.

За годы советской власти многое сделано в изучении околоземного космического пространства, исследовании проблем физики Земли, океанов, атмосферы. Метеорологические и геофизические ракеты, а затем непрерывные наблюдения на долгоживущих искусственных спутниках Земли, запускаемых на разные высоты, явились новым источником ценнейшей информации о воздушной оболочке нашей планеты.

Современные методы изучения распространения радиоволн, исследования полярных сияний, свечения сумеречного и ночного неба, метеоров, серебристых облаков позволили советским ученым получить важные сведения о строении и составе атмосферы до верхних ее границ на высоте тысяч километров, установить закономерности сложных атмосферных процессов. Спутники открыли новые перспективы в метеорологии. В настоящее время успешно функционирует советская космическая метеорологическая система «Метеор», включающая в себя два метеорологических спутника «Космос-144» и «Космос-156», движущихся по взаимно-согласованным орбитам, а также пункты приема, обработки и распространения информации.

Советский Союз активно участвовал в организации и проведении таких крупнейших международных научно-исследовательских программ, как Международный геофизический год и Международный год спокойного Солнца, получены выдающиеся результаты в изучении околоземного пространства, открытии и изучении пояса радиации, исследовании солнечного ветра, магнитосферы. Советские ученые явились инициаторами разработки проекта «Верхняя мантия и ее влияние на развитие земной коры». Это важное международное начинание в исследовании Земли связывает геологические проблемы верхних слоев Земли с процессами, происходящими на значительных глубинах земного шара. Советские ученые исследуют внутреннее строение Земли, используя геофизические методы (сейсмический, гравиметрический, магнитометрический, сведения о размере теплового потока, выделяющегося из недр Земли в данном месте). В последние годы советские ученые успешно осваивают еще один метод, основанный на изучении деформаций Земли вследствие приливов в твердой оболочке земного шара.

Изучение земных недр имеет множество практических аспектов, среди которых видное место занимает разработка сейсмических проблем. Составленная советскими сейсмологами и геологами карта сейсмического районирования страны помогает рационально строить крупные сооружения в сейсмически опасных районах. Советские геологи составили подробную геологическую карту

СССР, необходимую для определения правильного направления поисков новых месторождений полезных ископаемых. Развитие геофизических методов исследования строения земной коры приобрело за последние годы особенно большой размах и имеет важное народнохозяйственное значение. Теперь ни одна из проблем поисков и разведки полезных ископаемых, изучения регионального строения земной коры не решается без геофизиков.

Благодаря созданию советскими учеными геофизических методов, основанных на новейших достижениях физики, математики, радиоэлектроники, удалось резко повысить геологическую эффективность, глубинность и точность изучения земных недр.

Советские полярники успешно ведут планомерное изучение Арктики и Антарктики.

Советские океанологи внесли существенный вклад в изучение Мирового океана. Исследования морей и океанов успешно проводились с помощью экспедиционных судов «Витязь», «Обь», «Михаил Ломоносов» и других. Составлена обзорная тектоническая карта дна Тихого океана. Открыты подводные хребты, горы, вулканы, получены новые данные о течениях, растительном и животном мире океана. Работы советских океанологов способствовали тому, что океанология перестает быть описательной наукой и все более опирается на комплексные физические, химические, математические, биологические и геологические исследования. Недавно вступившее в строй прекрасно оснащенное исследовательское судно «Академик Курчатов» — новый флагман советского экспедиционного флота — поможет уже в ближайшее время раскрыть многие тайны Мирового океана.

За годы советской власти успешно развивалось связанное с геодезией и картографией географическое изучение нашей страны. Проведены новые градусные измерения на территории СССР, позволившие получить данные о фигуре и размерах Земли. Завершено картографирование всей территории Советского Союза: созданы топографические карты страны и карты значительной части территории СССР в крупных масштабах.

В юбилейном году на страницах «Земли и Вселенной» выступают крупные советские ученые со статьями, посвященными достижениям науки за полвека советской власти. Но это лишь часть больших итогов, потому что трудно в нескольких номерах рассказать даже кратко о результатах научных исследований в различных областях астрономии, геофизики и космических исследований.

Отмечая славный юбилей своей страны, наш народ по праву гордится замечательными успехами советской науки, достигнутыми благодаря неустанной заботе Коммунистической партии.

Силы коммунизма неисчислимы, на его стороне — правда жизни. Только коммунизм способен решить коренные проблемы общественного развития, избавить человечество от угнетения и эксплуатации, голода и нищеты, от милитаризма и войн, утвердить на нашей планете демократию, мир, дружбу между народами, жизнь, достойную Человека.

Идеи Октября, идеи коммунизма — ведущие идеи нашего времени, великая творческая сила современной истории.

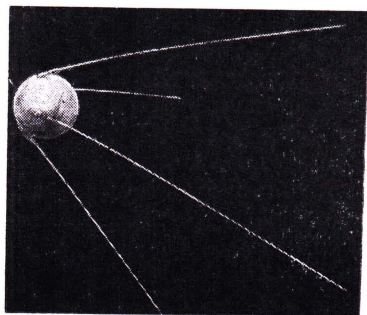
Грядущие годы принесут новые победы учению Маркса, Энгельса, Ленина, делу коммунизма.

Из Тезисов ЦК КПСС «50 лет Великой Октябрьской социалистической революции».

10 лет советских космических исследований

1967 год — юбилейный. Вся наша страна, все прогрессивное человечество готовится отметить 50-летие Великого Октября. На этот год приходится и другая знаменательная дата — 10-летие космической эры, начало которой возвестил первый советский искусственный спутник Земли.

Теоретически вопрос о возможности посылки за пределы земной атмосферы искусственного тела, созданного руками человека, был обоснован еще в начале XX столетия великим русским ученым К. Э. Циолковским. Эта смелая мечта стала явью в годовщину столетия со дня рождения ученого.



Первый советский искусственный спутник Земли

Успешный запуск первого искусственного спутника Земли позволил ученым перенести прямые методы научных измерений в недоступное до этого времени космическое пространство и начать подготовку к будущим межпланетным путешествиям. Образно говоря, выход в космос открыл перед человеком двери в огромный мир, окружающий его планету, сделал более доступным познание этого мира. Поэтому у советских людей, чьим гением и трудом созданы спутник и ракета-носитель, есть особые основания гордиться приоритетом в прорыве в космос.

Первые представления о строении верхней атмосферы были получены косвенными методами — из наблюдений метеоров, полярных сияний, свечения ночного неба, распространения световых и радиоволн, а также акустических волн от сверхмощных взрывов. Ракетные методы исследований расширили наши знания о давлении, плотности и температуре верхней атмосферы, позволили изучить ионный состав ионосферы, электрон-

ную концентрацию до высоты нескольких сот километров, а также провести эксперименты по фотографированию поверхности Земли и облачных систем с больших высот и т. д. Однако ракетные наблюдения ограничены во времени и в пространстве: они дают сведения о состоянии атмосферы над одной точкой земного шара, зафиксированные лишь в течение нескольких минут. Вот почему возникла необходимость в «измерительном инструменте», который был бы способен проводить измерения за пределами плотной атмосферы в течение длительного времени. Таким «инструментом» мог быть только искусственный спутник Земли. Первые спутники предназначались, в основном, для проведения геофизических исследований, причем создававшие их советские ученые учитывали перспективы дальнейшего развития космических исследований. Как и при создании геофизических ракет, ученые стремились сделать эксперимент комплексным, что позволило бы измерять сразу несколько физических параметров, полнее представить

себе физику изучаемых явлений.

Уже само по себе выведение на орбиту вокруг Земли искусственного тела, проверка технических систем запуска имели большое значение для науки. Но первый спутник позволил также выполнить первоочередные исследования, необходимые для получения достоверных представлений о физических условиях в верхней атмосфере. Спутник имел форму шара и поэтому, наблюдая изменения параметров его орбиты в результате торможения атмосферой, удалось сравнительно легко вычислить плотность верхних ее слоев.

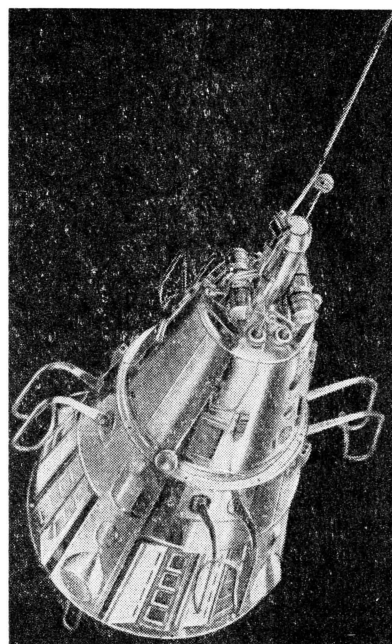
Исследование ионосферы проводилось путем наблюдения распространения радиоволн, излучаемых со спутника. При этом изучались и особенности их распространения в ионосфере, что исключительно важно для создания системы надежной связи с космическими аппаратами. Сигналы радиопередатчика спутника на каждой из частот имели вид телеграфных посылок. Длительность посылок и пауз между ними изменялась в зависимости от температуры внутри спутника. Это позволило измерять температуру внутри спутника, что было необходимо для изучения теплового режима работы аппаратуры, для обеспечения наиболее благоприятных условий при последующих экспериментах, для проверки эффективности системы терморегулирования и подготовки биологического эксперимента с собакой Лайкой, который был осуществлен на втором спутнике, запущенном 3 ноября 1957 г.

На языке телеметрических передач Лайка «рассказала» о своем самочувствии, и этот «рассказ» убедил ученых в том, что организм животных хорошо переносит условия длительного космического полета.

Одно из наиболее существенных открытий, сделанных в ходе физических экспериментов на втором спутнике,— обнаружение возрастания интенсивности потока заряженных частиц больших энергий при увеличении высоты полета и геомагнитной широты точки, над которой в данный момент пролетал спутник. Впоследствии это было объяснено вхождением спутника в полярные области внешней зоны радиационного пояса и явилось первым указанием на существование окружающей Землю зоны заряженных частиц больших энергий, захваченных и удерживаемых геомагнитным полем.

15 мая 1958 г. был запущен третий советский спутник. По своим техническим данным он намного превосходил два первых спутника. Число выполненных на нем экспериментов, их разнообразие позволяют считать его подлинной космической научной станцией. Запуск третьего спутника позволил провести исследования по всем пунктам соответствующего раздела программы Международного геофизического года, принятым на себя советскими учеными.

Теперь на повестке дня стоял полет человека в космическое пространство. Этому важнейшему событию предшествовал запуск в Советском Союзе кораблей-спутников. Они предназна-



Третий советский искусственный спутник Земли

чались прежде всего для отработки и проверки систем, обеспечивающих нормальное пребывание человека в условиях космоса и невесомости, управление полетом и возвращение на Землю, а также проведение исследований по физике космического пространства, в том числе измерений поглощенных доз радиации внутри корабля.

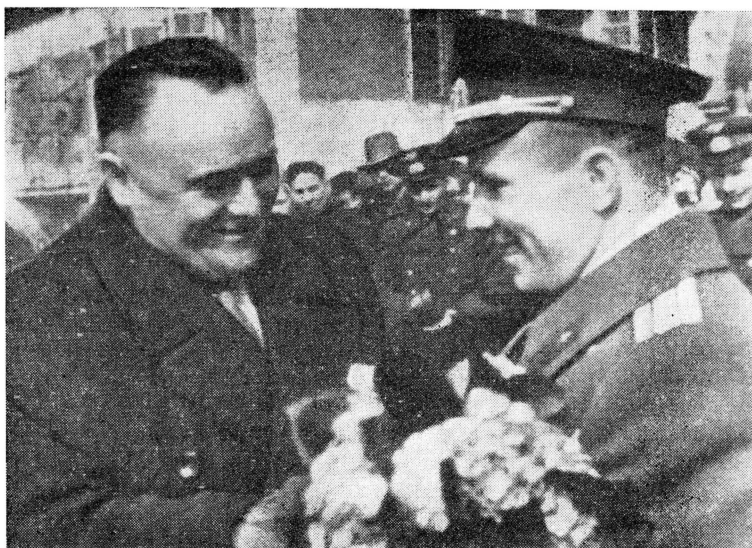
Эксперименты на четвертом и пятом космических кораблях-спутниках были уже непосредственной репетицией полета человека. Эти корабли выводились на орбиту, которая предназначалась для космического корабля с человеком на борту, той же самой была и длительность полета. Основным итогом всех этих опытов явилось твердое убеждение, что созданные

космические корабли и системы обеспечения жизненных условий на них полностью гарантируют не только возвращение на Землю, но и сохранение жизни, здоровья и работоспособности человека.

Тщательная отработка космического корабля-спутника «Восток» и предпусковая подготовка обеспечили полный успех первого космического полета человека, который был осуществлен 12 апреля 1961 г. летчиком-космонавтом Ю. Гагариным.

Вслед за кораблем «Восток» на орбиты искусственных спутников Земли один за другим были выведены еще восемь советских космических кораблей. Благодаря тому, что каждый космонавт выполнял какую-то новую задачу, за относительно короткий срок было решено большое количество вопросов, касающихся пребывания человека в космосе.

Научно-исследовательские возможности космических полетов особенно расширились после создания совет-



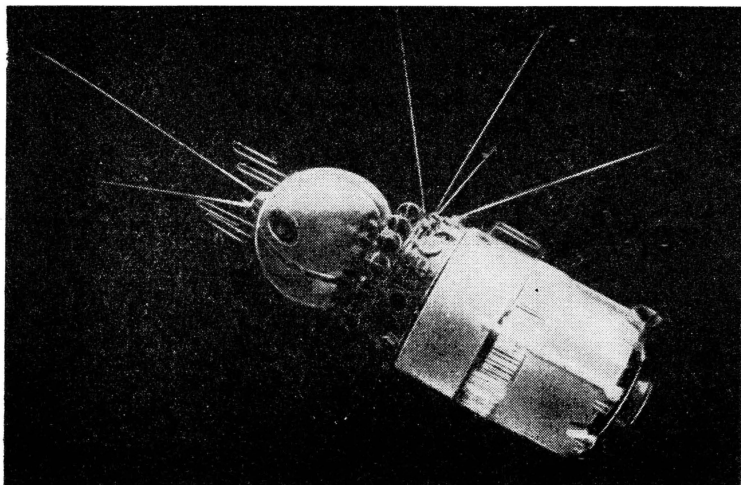
Академик С. П. Королев поздравляет Ю. Гагарина с успешным завершением первого полета в космос. Апрель 1961 г.

скими учеными многоместного космического корабля «Восход». Включение в состав экипажа научных сотрудников позволило осуществить различные астрономические и геофизические наблюдения. Выполнялась также большая про-

грамма медицинских исследований.

Качественно новым этапом явился и запуск второго многоместного корабля «Восход-2». В этом полете космонавт А. Леонов впервые покинул кабину и в течение десяти минут находился в безвоздушном пространстве, защищенный только оболочкой скафандра. Достижение экипажа «Восход-2» — важнейший шаг на пути полетов к Луне и другим небесным телам: для успешного осуществления всех необходимых операций, связанных со стыковкой и сборкой научных станций на орбите, человек должен покинуть корабль и свободно перемещаться в космическом пространстве.

Окончание Международного геофизического года не означало прекращения ни ракетных исследований, ни запусков спутников. Тщательная обработка экспериментального материа-



Космический корабль «Восток»

ла, полученного первыми разведчиками космоса, предельно расширила, а в ряде случаев значительно изменила существовавшие теории и представления о физико-химических характеристиках верхней атмосферы. Подтвердилась правильность основных направлений космических исследований, последовательно проводившихся в Советском Союзе. Однако это были только первые шаги на пути познания Вселенной. Кроме того, исследования на первых трех спутниках выполнялись в период максимума солнечной активности. Для изучения зависимости параметров верхней атмосферы и межпланетной среды от уровня солнечной активно-



Советские космонавты Юрий Гагарин и Валентина Николаевна Терешкова



Командир космического корабля-спутника «Восход-2» летчик-космонавт П. И. Беляев (слева) и второй пилот летчик-космонавт А. А. Леонов

Фото В. Чердинцева (Фотохроника ТАСС)

сти, накопления необходимого для статистической обработки материала в период спада солнечной активности требовались систематические исследования космоса, оперативное наблюдение за протекающими в нем явлениями.

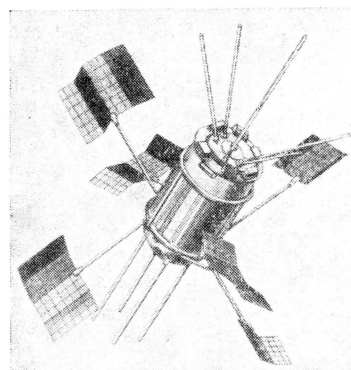
16 марта 1962 г. был запущен первый спутник серии «Космос». Программа исследований на этих спутниках включает в себя изучение облачных систем в атмосфере Земли и ее верхних слоях, заряженных частиц в ионосфере и радиационных поясах, космических лучей и корпускулярных потоков, магнитного поля Земли, метеорного вещества и т. д. Сейчас, когда запущено уже свыше 180 «Космосов», получено исключительно много материалов по всем этим направлениям исследований, накоплен большой объем информации по ши-

рокому кругу прикладных проблем, связанных с совершенствованием конструкции космических объектов, отработкой систем ориентации, входом кабины корабля в атмосферу Земли, приземлением в заданном районе, обеспечением защиты от излучений, исследованием степени надежности систем жизнеобеспечения и др.

По мере накопления знаний о природе ближнего и дальнего космоса возникла необходимость в проведении специализированных и комплексных исследований, которые и были выполнены космическими системами «Электрон» и космическими станциями «Протон». В результате полетов спутников

системы «Электрон» были получены весьма подробные сведения о магнитосфере и радиационном поясе Земли, изучено пространственное распределение электронов и протонов различных энергий — частиц, образующих внутреннюю и внешнюю зону пояса, определены границы зон, найдено распределение суммарной интенсивности излучений в радиационном поясе.

С запуском 12-тонной орбитальной лаборатории «Протон-1» открылись уникальные возможности для исследования свойств элементарных частиц сверхвысоких энергий, проникновения в их структуру, изучения сокровенных тайн микромира. Эти исследования

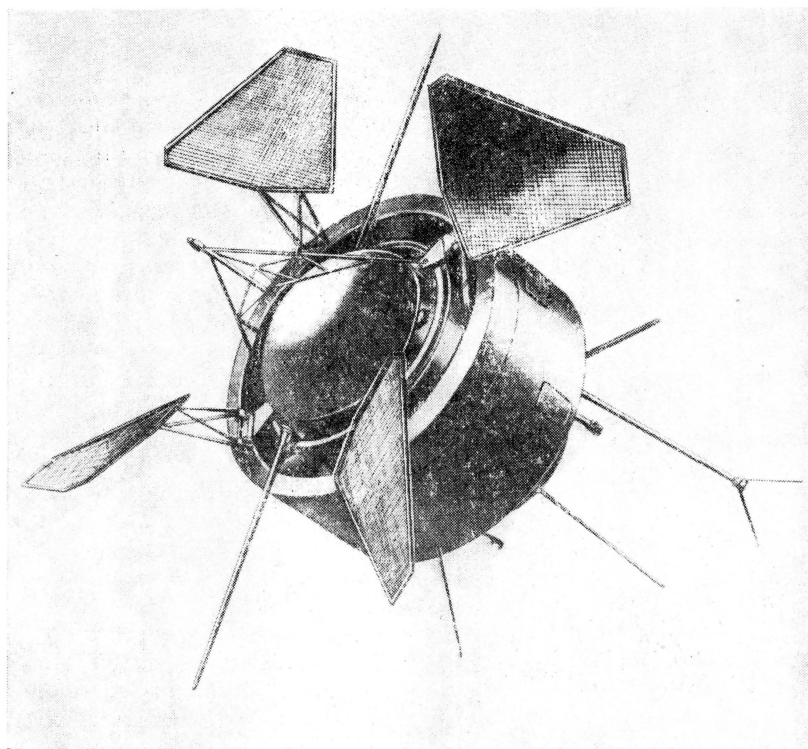


Советский спутник «Электрон-2»

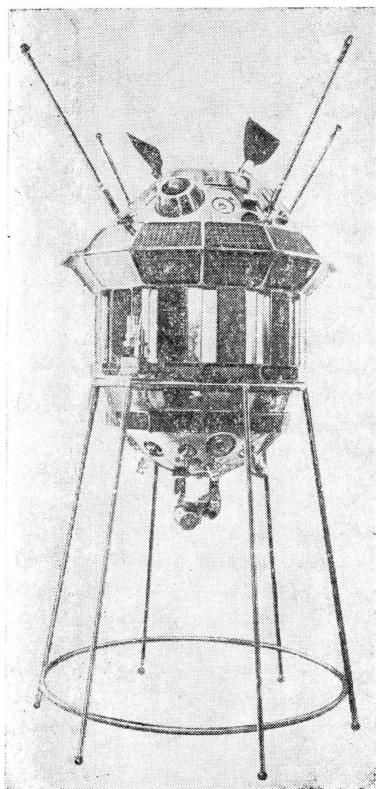
были продолжены на станциях «Протон-2» и «Протон-3», выведенных на орбиту соответственно в ноябре 1965 г. и июле 1966 г.

Изучение космическими аппаратами Луны началось вскоре после запуска первых спутников Земли. История советских исследований Луны — это история целого ряда первооткрытий. В результате запуска в сентябре 1959 г. автоматической станции «Луна-2» было доказано отсутствие у Луны заметного магнитного поля (в пределах погрешности магнитометра 60 гамм) и пояса радиации — результат, согласующийся с предыдущим, а также зарегистрировано некоторое увеличение вблизи Луны концентрации ионизованных частиц по сравнению с межпланетной средой. В октябре 1959 г. «Луна-3» передала на Землю первые снимки обратной стороны Луны, фотографирование которой завершила автоматическая станция «Зонд-3» в июле 1965 г.

Однако структура поверхности, химический и минералогический состав пород, сейсмичность Луны продолжали оставаться в области гипотез. Осуществление



Космическая научная станция «Протон-1»



Автоматическая межпланетная станция «Луна-3»

мягкой посадки на лунную поверхность советской автоматической станции «Луна-9» открыло первые пути для изучения некоторых из этих свойств лунных пород. В итоге этого космического эксперимента была отвергнута гипотеза о существовании мощного пылевого слоя на поверхности Луны. Большую ценность представляют полученные со станции «Луна-9» результаты определения радиационной обстановки на лунной поверхности.

24 декабря 1966 г. мягкую посадку на Луне совершила еще одна советская автоматическая станция «Луна-13». Как и «Луна-9», она пред-

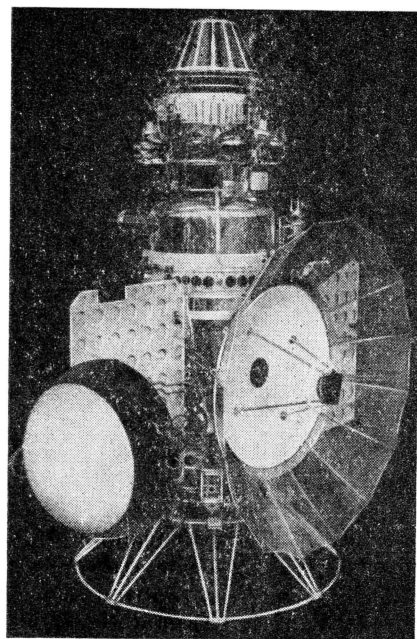
назначалась для передачи изображений поверхности Луны, а также изучения ее физико-химических свойств в месте посадки станции.

Между полетами этих двух станций три советских искусственных спутника Луны — автоматические станции «Луна-10», «Луна-11» и «Луна-12» — исследовали радиационную и метеорную обстановку в окололунном пространстве, инфракрасное и гамма-излучение лунной поверхности, магнитное и гравитационное поля Луны, солнечную плазму. Одна из станций передала на Землю серию фотоснимков отдельных участков лунной поверхности, сделанных с расстояния от 100 до 340 км.

С давних пор внимание ученых привлекают ближайшие к Земле планеты. Венера стала вторым после Луны небесным телом, на поверхность которого опустил-ся космический аппарат.

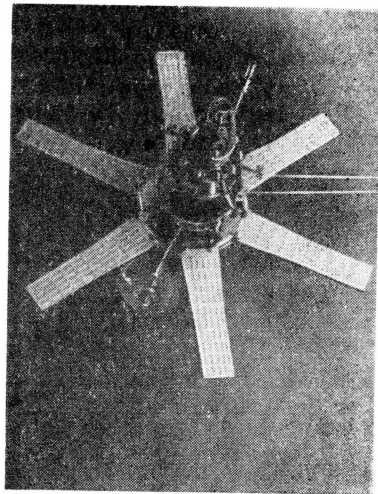
Наряду с исследовательскими задачами перед спутниками были поставлены и прикладные, имеющие большую народнохозяйственную ценность. В настоящее время в Советском Союзе через спутники «Молния-1» функционирует линия связи между Москвой и Дальним Востоком, осуществлен совместный франко-советский эксперимент по передаче цветных телевизионных изображений из Москвы в Париж.

Искусственные спутники используются и для метеорологических наблюдений, что помогает составлению прогноза погоды, позволяет своевременно предупреждать о тайфунах и штормах. «Космос-122» — первый советский оперативный метеорологический спутник —

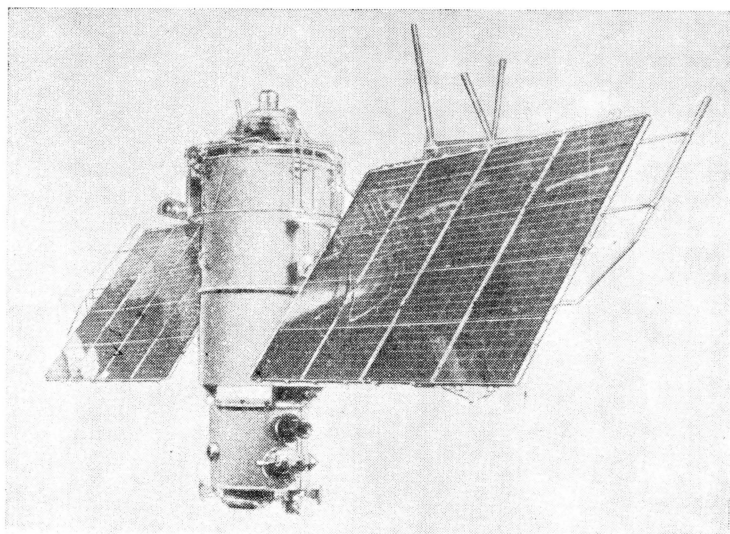


Автоматическая межпланетная станция «Зонд-3»

только за один час собирал метеорологическую информацию с площади свыше



Первый советский спутник связи «Молния-1»



Советский метеорологический спутник «Космос-144»

Вслед за «Космосом-122» на орбиту были выведены еще два метеорологических спутника — «Космос-144» и «Космос-156», которые совместно с пунктами приема, обработки и распространения информации образовали экспериментальную метеорологическую систему «Метеор». Такая система дает возможность в течение суток получать метеорологическую информацию более чем с половины поверхности нашей планеты.

Рассматривая свои достижения в изучении космического пространства как достояние всего человечества, Советский Союз выступает за широкое и равноправное сотрудничество всех государств, желающих внести свой вклад в покорение космоса. Космос должен объединять, а не разобщать людей.

30 000 км². Трудно переоценить значение метеорологической информации, получаемой спутниками с обширных территорий океа-

нов, морей, полярных областей, пустынь и горных районов, недоступных для охвата обычной метеорологической сетью.



ЭКСПЕРИМЕНТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ СТАНЦИЯМИ «ВЕНЕРА-2» И «ВЕНЕРА-3» НА ПУТИ К ВЕНЕРЕ

В ноябре 1965 г. в долгий четырехмесячный путь к Венере отправились две советские космические станции «Венера-2» и «Венера-3». Они должны были помочь раскрыть хотя бы некоторые тайны этой планеты, поверхность которой человек еще ни разу не видел. Пока только радиоволны способны проникнуть через густой облачный покров Венеры и достичь ее раскаленной поверхности.

Станции «Венера-2» и «Венера-3» были оснащены специальной аппаратурой для всестороннего изучения Венеры. Некоторые из этих приборов использовались также и для исследования меж-

планетной среды — того «приводного ремня», через который Солнце воздействует на Землю и на другие планеты. Межпланетная среда в миллиарды миллиардов раз разреженнее земной атмосферы. Однако она достаточно плотна для того, чтобы эффективно передавать воздействие Солнца на магнитное поле и радиационный пояс Земли и вполне доступна для измерений с помощью особых приборов.

Естественным состоянием межпланетной среды является состояние ураганного ветра — со скоростью в несколько сот километров в секунду и с Солнцем в качестве «розы ветров». Солнечный

ветер никогда не затихает и никогда не меняет своего направления, но его сила меняется в зависимости от активности Солнца.

Целью научного эксперимента, проводившегося на борту автоматической межпланетной станции (АМС) «Венера-3». Радиотехническим институтом АН СССР, было изучение «порывов» солнечного ветра, их связи с Солнцем и влияния на Землю.

Так как частицы, образующие солнечный ветер, имеют электрический заряд, то, попадая в специальную ловушку прибора, они дают электрический ток, величина которого измеряется и по каналам телеметрии передается на

Землю. Создавая на ловушке электрический барьер, можно отделять частицы с малой скоростью и в зависимости от высоты барьера получить полный энергетический спектр солнечного ветра. На «Венере-3» было получено несколько десятков энергетических спектров в дни с разной активностью Солнца. Увеличение скорости солнечного ветра обычно наблюдалось вскоре после возмущений «спокойного» Солнца.

Ученые МГУ провели на борту АМС «Венера-2» и «Венера-3» следующие научные эксперименты: исследование нейтрального водорода, измерение космических лучей и излучение длинноволнового космического радиоизлучения.

Первый эксперимент основан на очень изящной идее использования одного свойства атомов нейтрального водорода. Ультрафиолетовый свет с длиной волны, соответствующей переходу электрона в атоме водорода с первого уровня на второй (линии Лайман-альфа — L_α), «отражается» от атома водорода в десять тысяч раз эффективнее, чем свет с произвольной длиной волны. Поскольку все межпланетное пространство освещается Солнцем, находящиеся в нем атомы нейтрального водорода будут особенно ярко светиться на волне линии L_α . На таком принципе с борта АМС «Венера-2» и «Венера-3» производилось измерение нейтрального водорода как в окрестностях Земли на приемном участке траектории, так и при полете в межпланетном пространстве. Было определено строение водородной оболочки Земли, так называемой геокороны, простирающейся до высот в десятки тысяч километров. Что касается нейтрального водорода в межпланетном пространстве, то его содержание оказалось значительно меньше количества заряженных частиц солнечного ветра, так что межпланетную среду можно считать практически полностью ионизированной. Наряду с измерениями в линии L_α солнечного ультрафиолетового излучения, рассеянного нейтральным водородом, было измерено ультрафиолетовое излучение на соседней длине волны, которое приходит от звезд и других галактик.

Весьма интересные результаты получены также при измерениях частиц высоких энергий, которые

проводились на борту обеих станций с помощью нескольких счетчиков. Большую роль здесь сыграли одновременные измерения на другой советской АМС — «Зонд-3» аналогичными счетчиками. В то время как «Венера-2» и «Венера-3» двигались к Венере, приближаясь к Солнцу, «Зонд-3» удалялся от него. Сопоставление данных всех счетчиков показало, что интенсивность космических лучей сравнительно небольших энергий увеличивается по мере удаления от Солнца. Можно полагать, что космические лучи, наполняющие всю нашу Галактику, выметаются солнечным ветром в непосредственной близости от Солнца в зоне, простирающейся примерно до орбиты Марса. Этот эффект более заметен для частиц сравнительно небольших энергий.

Другой важный результат состоит в наблюдении космических лучей, выбрасываемых из Солнца. Это еще одно из многих загадочных проявлений активности Солнца, причина которой пока неизвестна.

Достаточно мощные вспышки на Солнце сопровождаются не только выбросом космических лучей, но и излучением электромагнитных волн как в коротковолновой части спектра (рентгеновские лучи), так и в радиодиапазоне. Для исследования последних на борту АМС «Венера-2» был установлен радиоприемник, с помощью которого осуществлялся прием космического радиоизлучения на трех фиксированных частотах в диапазоне длинных радиоволн, не доходящих до поверхности Земли из-за экранирующего действия ионосферы. В этом новом для радиоастрономии диапазоне удалось зарегистрировать несколько мощных всплесков солнечного радиоизлучения, свойства которых важны для понимания природы солнечной активности.

Одновременно было зарегистрировано довольно мощное постоянное радиоизлучение на самых длинных волнах этого диапазона. Источник этого радиоизлучения пока не найден; возможно, что оно возникает в межпланетной среде в результате действия каких-то пока еще неизвестных процессов.

В. И. С Л Ы Ш,
кандидат физико-математических наук



ПОПЫТКА СБОРА КОСМИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ ВО ВРЕМЯ МЕТЕОРНОГО ДОЖДЯ ЛЕОНИД

16 ноября 1965 г. во время максимума потока Леонид на полигоне Уайт-Сэндс (США) была запущена ракета «Аэроб-150». На ней был установлен коллектор космических частиц — полимерные пластинки с общей площадью 1 м^2 (некоторые с металлическим напылением), открывающиеся и закрывающиеся при достижении ракетой определенной высоты. Сбор пыли производился в течение 206 секунд на высотах 63—145 км. Для контроля такой же коллектор обдувался ламинарным потоком чистого воздуха в лаборатории.

Поверхность пластин коллектора изучалась под микроскопом, а частицы, заподозренные в космическом происхождении, изучались отдельно под электронным микроскопом. Как это ни странно, не оказалось разницы в числе налипших частиц между пластинками, поднятыми на ракете, и контрольными. По внешнему виду «ракетные» и «лабораторные» частицы тоже не различались, и, чтобы решить вопрос о космическом происхождении частицы, требуется дополнительный анализ. Обследовано пока 3% площади коллектора, но на них лишь 3 частицы можно предположительно отнести к космическим. Между тем, судя по измерениям потока метеорных частиц во время максимума Леонид, проведенным на спутнике «Авангард-3», на этой площади должно было бы находиться не 3, а 88 частиц. По-видимому, при измерениях на спутнике за удары метеорных частиц были ошибочно приняты шумы, вызванные изменениями температуры, и тем самым плотность потока Леонид была резко преувеличена.

«Journal of Geophysical Research»,
71, 23, 1966.

НОВОЕ В СОВЕТСКОЙ АСТРОМЕТРИИ ЗА 50 ЛЕТ

М. С. ЗВЕРЕВ,
член-корреспондент АН СССР

В последние десятилетия фундаментальная и фотографическая астрометрия развиваются на основе новых идей, методов и инструментов, в значительной степени предложенных и разработанных в Советском Союзе. Достижениям советских астрометристов посвящена статья Председателя астрометрической комиссии Астрономического совета Академии наук СССР М. С. Зверева.

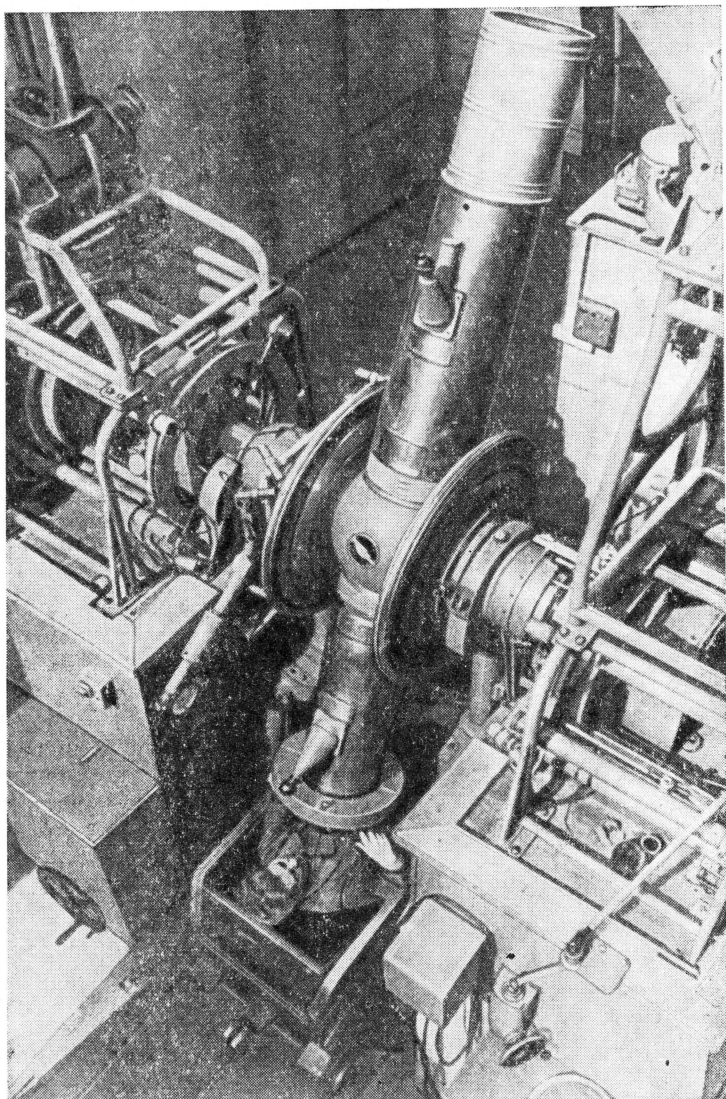
Астрометрия — одна из старейших, но не стареющих отраслей астрономии. Разве может в наш космический век утратить актуальность задача точного определения и изучения движения небесных светил? Перед астрометрией теперь ставятся новые, более сложные проблемы, решение которых требует точнейших наблюдений и лабораторных измерений.

Кроме традиционных работ — наблюдение планет, комет, спутников, звезд и звездных скоплений, измерение двойных звезд и определение звездных параллаксов — астрометристы активно участвуют в работах по изучению особенностей вращения Земли вокруг оси (посредством исследования изменений географических широт и точнейших опреде-

лений времени). Успехи радиолокационных наблюдений планет, позволяющие определять расстояния до них с невиданной ранее точностью, заставляют астрометристов обратить особое внимание на наблюдения Солнца и других тел солнечной системы, без которых невозможно необходимое для космонавтики уточнение орбит Земли и планет. Но главной проблемой астрометрии по-прежнему остается **построение основной системы небесных координат**, т. е. создание фундаментального каталога, содержащего точнейшие положения и собственные движения избранных «фундаментальных» звезд.

На обсерваториях, где имеется астрометрическое оборудование (меридианный

круг, пассажный инструмент, вертикальный круг, астрограф), определяют координаты небесных светил. После тщательной обработки результаты наблюдений звезд публикуют в виде звездных каталогов. Особенно важны абсолютные, или независимые каталоги, отнесенные к системе координат, у которой положение полюса и экватора выводится из собственных наблюдений. В силу неизбежных погрешностей наблюдений звездные каталогиотяжены ошибками — случайными и систематическими. Первые могут быть ослаблены увеличением числа наблюдений. Вторые же зависят от несовершенства инструментов или от внешних факторов (температуры, рефракции) и часто могут быть обнаруже-



Меридианный круг Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга, изготовленный заводом ЛОМО в Ленинграде

ны лишь из сравнения с наблюдениями на других инструментах, в других обсерваториях, т. е. с другими каталогами. Такая работа — сравнение каталогов и исследование их систематических ошибок — выполняется при составлении фундаментального каталога, объединяю-

щего данные многих каталогов различных обсерваторий. Фундаментальные каталоги содержат не только координаты звезд, но и их собственные движения, введенные по совокупности наблюдений за многие десятилетия. Собственные движения также отягощены

ошибками, зависящими, главным образом, от неточности старых каталогов. С течением времени влияние этих ошибок нарастает (ведь чтобы пользоваться каталогом, надо в координаты звезд вводить поправки за собственное движение), поэтому каждый фундаментальный каталог быстро теряет точность, «стареет», и важнейшая задача астрометристов — проводить новые, более точные определения координат звезд с целью улучшения фундаментальных каталогов.

Положения звезд из фундаментальных каталогов широко используются для многих научных и практических целей. Они требуются для решения указанных выше задач астрономии и геофизики, для точных определений широт и долгот в геодезии и картографии. Они дают основу для детального изучения движения искусственных спутников и космических ракет. Кроме фундаментальных каталогов составляются также различные специальные каталоги, содержащие, например, звезды для геодезических работ, опорные слабые звезды для обработки астрономических фотографий и др.

Астрометрические работы всегда занимали видное место в деятельности многих обсерваторий нашей страны. Большой международный авторитет Пулковская обсерватория приобрела, главным образом, благодаря высокой точности пулковских звездных каталогов. Среди них особую ценность представляет уникальная серия абсолютных каталогов ярких звезд, начатая 125 лет назад по инициативе

основателя обсерватории академика В. Я. Струве (1793—1864 гг.). С конца прошлого столетия в Пулкове также регулярно ведется изучение изменений широты и исследование движения звезд методами астрогографии. До революции начались астрометрические работы и в других русских обсерваториях—в Москве, Казани, Киеве, Харькове, Одес-

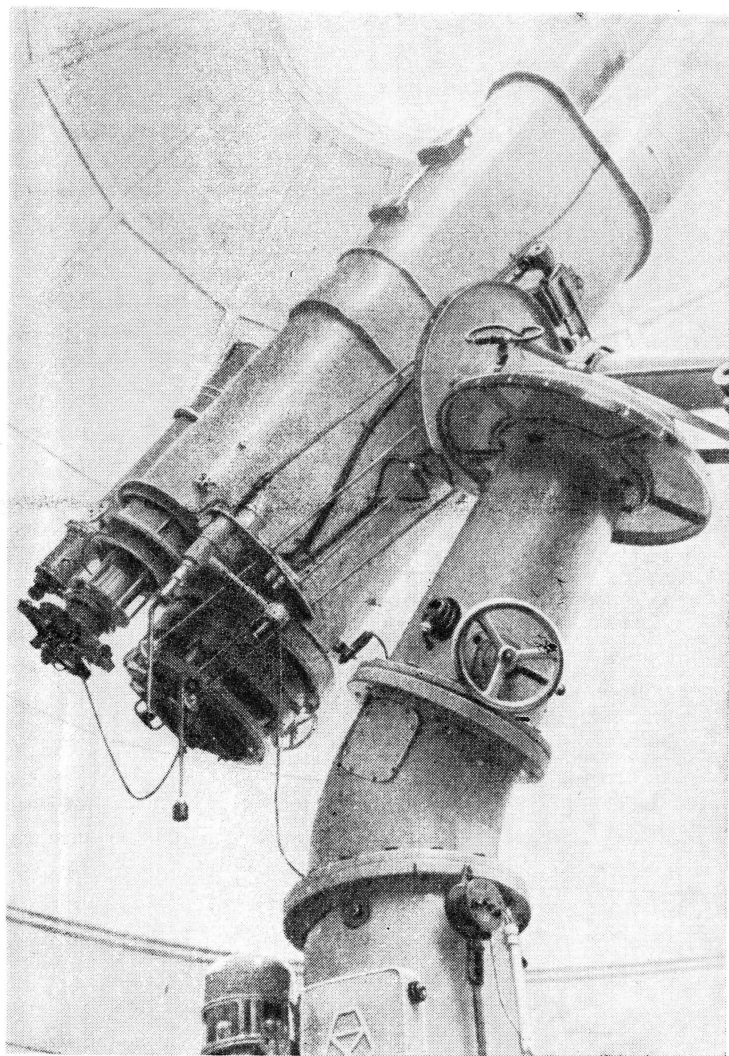
се, Николаеве, Ташкенте. Они значительно расширились в годы советской власти, причем усилилась их практическая целеустремленность.

В 20-е годы возникла новая отрасль астрометрии— **служба времени**, к которой были привлечены силы астрономических и геодезических обсерваторий, а в дальнейшем — и метеорологиче-

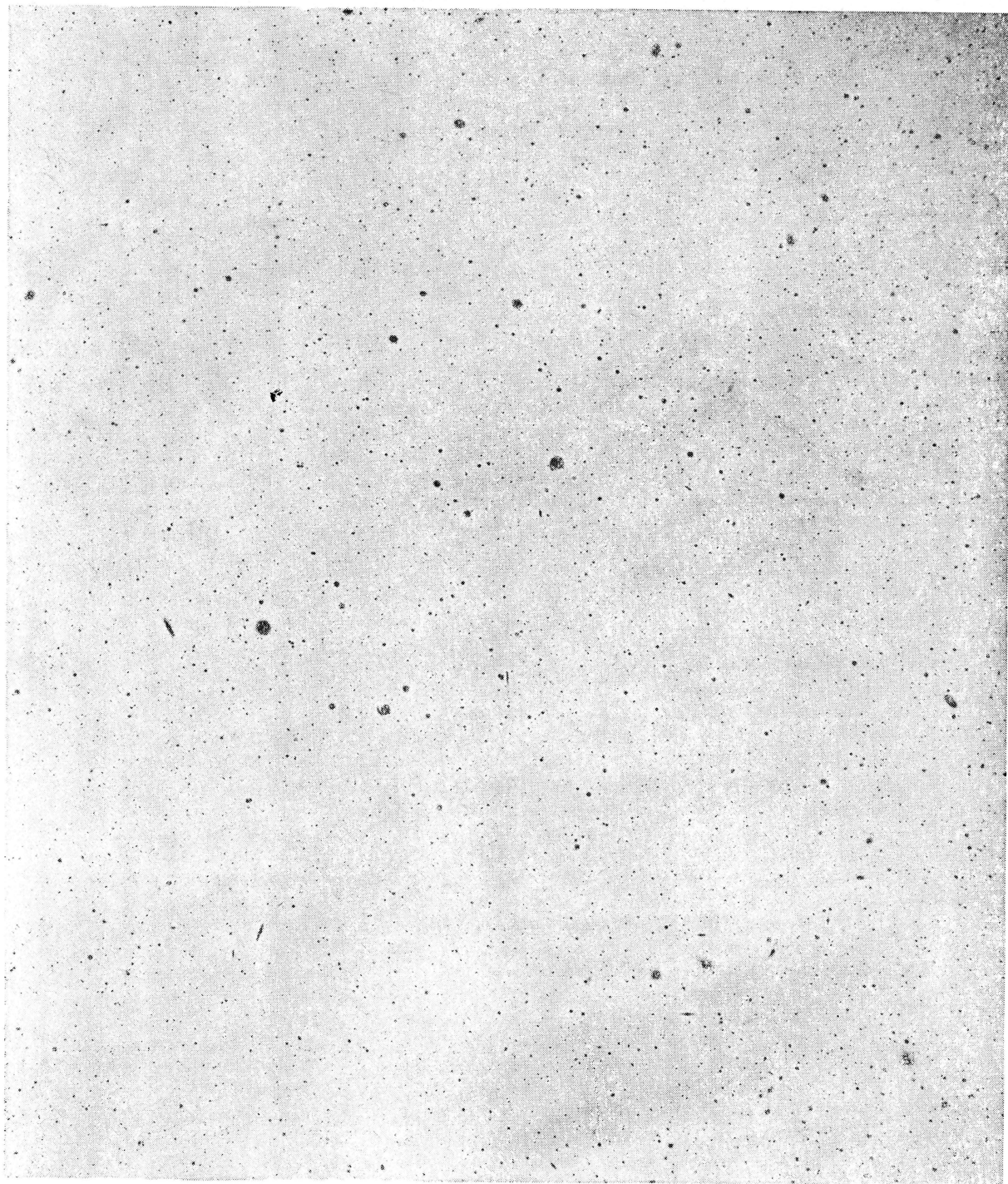
ских учреждений. Быстро совершенствуя технический уровень своих работ, вводя автоматические методы и электронику, служба времени в 40-е и особенно в 50-е годы достигла высокой точности в определении, хранении и передаче времени. Значительное развитие в СССР получила также **служба широты**, детально исследующая движения земных полюсов.

Деятельность служб времени и широты активизировалась в конце 50-х годов в связи с Международным геофизическим годом, в работах которого Советский Союз принял самое активное участие.

Астрометрические или тесно связанные с ними исследования вошли в основную проблематику некоторых новых астрономических учреждений, возникших в нашей стране за годы советской власти (Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга — ГАИШ — при Московском университете, Главная астрономическая обсерватория Академии наук УССР в Голосееве под Киевом, Институт теоретической астрономии в Ленинграде, обсерватории в Иркутске, Полтаве, Китабе, Дальневосточная широтная станция Пулковской обсерватории в Благовещенске и др.). В настоящее время в Советском Союзе астрометрические проблемы разрабатываются в 14 обсерваториях и институтах. Абсолютные определения координат светил, дающие основу для построения фундаментальных каталогов, регулярно производятся в Пулковской обсерватории, в ее Николаевском отделении, а также в Голосееве, в Ташкентской обсер-



Астрометрический широкоугольный астрогограф Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга, изготовленный заводом ЛОМО в Ленинграде



Богатая галактиками область неба с центром $\alpha = 12^{\text{h}}18^{\text{m}}, 4$; $\delta = +15^{\circ}37'$ в созвездии Волос Вероники. Размер области $5^{\circ},6 \times 6^{\circ},5$, север —верху, запад —слева. Видно более 200 галактик, многие из них по виду почти не отличаются от звезд

ватории и в Энгельгардтовской (под Казанью).

Невозможно в небольшой статье дать обзор астрометрической деятельности всех наших обсерваторий за годы советской власти. Я лишь охарактеризую основные идеи в области астрометрии, которые возникли и были развиты в Советском Союзе, при этом я ограничусь областью фундаментальной и отчасти фотографической астрометрии, т. е. проблемами составления звездных каталогов и определения движения звезд.

Началом системы небесных координат с давних времен принимается точка весеннего равноденствия, через которую Солнце проходит около 21 марта. Ее положение определяется из наблюдений Солнца и больших планет. Эти наблюдения всегда включались в программы работ по составлению звездных каталогов. Однако в наши дни, в связи с возросшими требованиями к каталогам, стал вопрос о более точном обосновании их начала координат. Ведь дневные наблюдения Солнца и планет проводятся в других условиях и отягощены гораздо большими ошибками, чем ночные наблюдения звезд. Дело в том, что невозможно точно определить положение краев диска Солнца, которые колеблются из-за беспокойства атмосферы, и учесть искажения, возникающие от нагревания телескопа прямыми лучами Солнца.

В 1930 г. ленинградские астрономы Б. В. Нумеров и М. Ф. Субботин разработали идею обоснования системы координат звездного каталога посредством наблюдений малых планет, кото-

рые на небе выглядят как звезды и их положение можно точно определить фотографическим методом. Период обращения большинства малых планет вокруг Солнца 5—6 лет. Для земного наблюдателя они, как и большие планеты, перемещаются по небу то прямым, то попятным движением, описывая петли, являющиеся следствием сочетания движений планеты и Земли. Поэтому, сделав серию точных определений координат малой планеты относительно звезд по всей орбите (лучше — в течение 2—3 оборотов), можно из этих наблюдений получить не только элементы орбиты планеты, но и поправки к элементам орбиты Земли, а также положение экватора и начала координат звездного каталога. Естественно использовать не одну, а несколько малых планет, что повысит точность результатов и обеспечит их контроль. Эта перспективная идея впервые обсуждалась в Пулковке на астрометрической конференции 1932 г., после чего Б. В. Нумеровым был предложен план наблюдения 10 подходящих малых планет.

На астрометрических конференциях 1932 и 1938 гг. обсуждалась и другая весьма дальновидная идея — использовать наблюдения слабых галактик для абсолютного определения собственных движений звезд. Еще в первое десятилетие нашего века было установлено, что туманность Андромеды, другие спиральные туманности и большинство слабых почти не отличимых от звезд туманностей, изображения которых в изобилии получаются на фотографиях неба,

в действительности — гигантские звездные системы, подобные Млечному Пути, но отстоящие от нас на миллионы и десятки миллионов световых лет. Они кажутся неподвижными, даже если в действительности летят со скоростью 100 км/сек, поскольку при современной точности наблюдений нельзя заметить их перемещения по небу по крайней мере за 100—200 лет. Следовательно, слабые галактики могут служить неподвижными реперами (опорными точками) на небе для привязки к ним положений звезд и обоснования системы координат. Опирающаяся на далекие галактики система координат будет в высокой степени инерциальной (не обладающей вращением), чего нельзя сказать о существующих системах, связанных с Солнцем, поскольку Солнце участвует во вращении Галактики. Однако видимое распределение галактик на небе крайне неравномерно. Если, например, в направлении, перпендикулярном плоскости Млечного Пути, их много, то вблизи Млечного Пути они не видны совсем из-за поглощения света темной материей Галактики. Таким образом, непосредственная привязка к галактикам и определение по ним абсолютных движений звезд возможны лишь для отдельных участков неба. Но если иметь большой каталог звезд, охватывающий все небо и содержащий координаты и собственные движения многих тысяч слабых звезд в какой-либо достаточно однородной системе, то для привязки этого каталога к галактикам может быть с успехом использова-

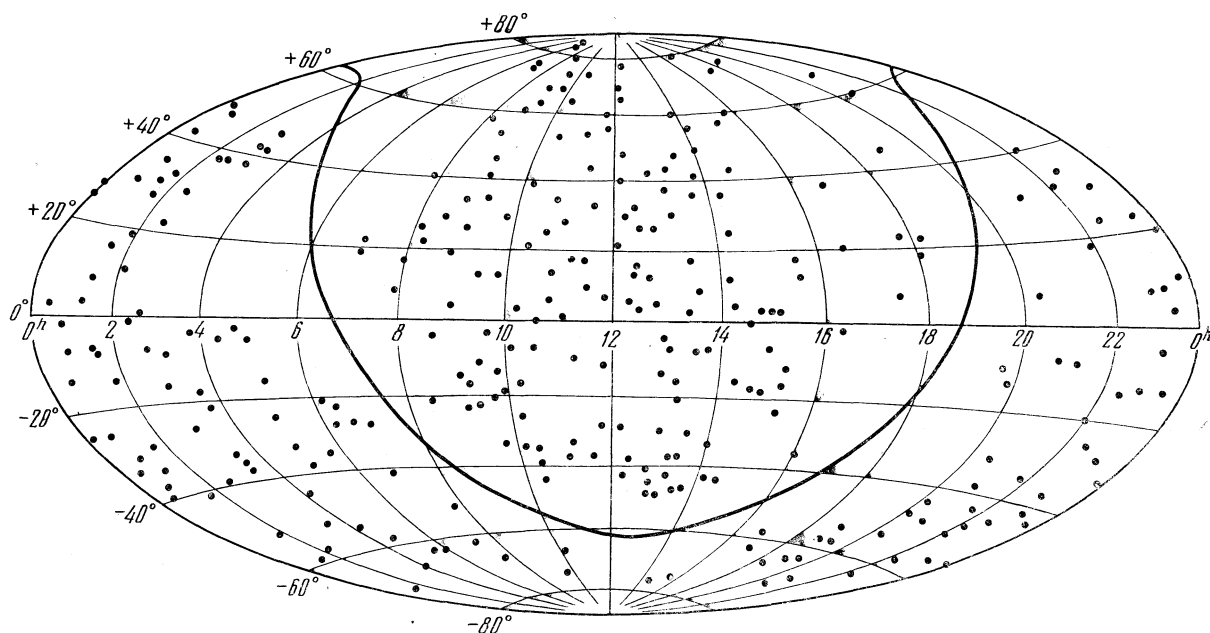
на только часть звезд, вблизи которых имеются галактики. Следовательно, идея построения инерциальной системы координат может быть реализована лишь при наличии высокоточного однородного каталога опорных слабых звезд, охватывающего все небо. Но такой каталог звезд необходим и для наблюдения малых планет с целью ориентации системы небесных координат и для многих других задач астрономии.

Все эти соображения были положены в основу выдвинутого в СССР в 30-е годы большого астрометрического предприятия, получившего название Каталог слабых звезд (КСЗ). Создание каталога предусматривало как наблюдения с меридианными инструмента-

ми около 20 000 специально отобранных звезд 7—9-й величин, так и фотографические наблюдения избранных малых планет и площадок неба с далекими галактиками. Многие советские астрометристы приняли активное участие в этих работах. В ГАИШе выбрали звезды для меридианных наблюдений. Первоначально предложенный Б. В. Нумеровым план наблюдений 10 малых планет был затем пересмотрен Н. С. Яхонтовой в Институте теоретической астрономии. Окончательный рабочий список около 1500 площадок с галактиками северного неба составили в Пулкове под руководством А. Н. Дейча, поэтому он получил название «план Дейча». Под его же руководством список галактик был

продолжен на южное небо в Ташкенте (до склонения -25°) и в Сантьяго, Чили (до южного полюса).

Наблюдения — меридианные и фотографические — по программе КСЗ начались в советских обсерваториях примерно с 1940 г., но широко развернулись лишь в послевоенные годы, в особенности после 1952 г., когда эта проблема была одобрена Международным астрономическим союзом на его съезде в Риме. В наблюдениях приняло участие 8 советских и около 15 зарубежных обсерваторий. В 1956 г. звезды, отобранные для КСЗ, были включены в международную программу опорных слабых звезд северного неба, составленную в Вашингтоне. В 1960—1962 гг. на Капской обсерва-



Расположение на небе 305 площадок с галактиками плана А. Н. Дейча (обозначены точками). Жирная линия — центральная линия Млечного Пути

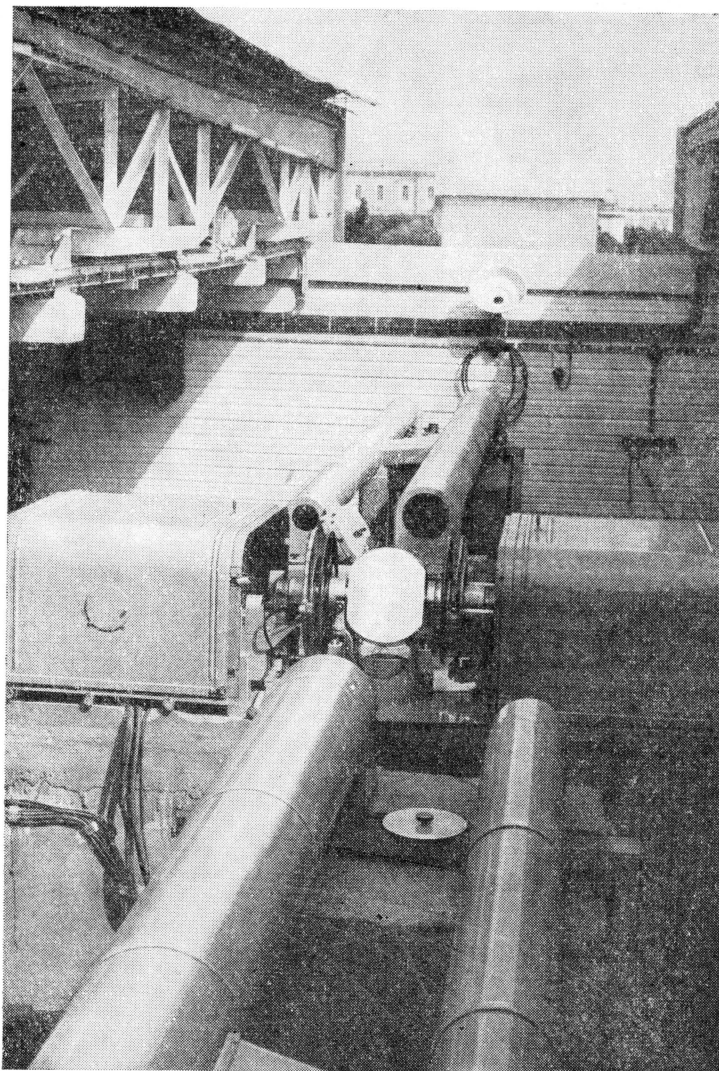
тории (Южная Африка) по критериям, принятым для КСЗ, разработали аналогичную международную программу слабых звезд для южного неба (вплоть до южного полюса).

К настоящему времени все участники закончили намеченные программы наблюдений по плану КСЗ. Из зарубежных обсерваторий наибольший материал (как визуальный, так и фотографический) получен в Бухаресте и Кейптауне, а также в Сантьяго, Чили, где с 1962 г. работает экспедиция Пулковской обсерватории. В наблюдениях малых планет особенно активно участвовали также обсерватории в Копенгагене и Сиднее. Сейчас в Пулкове и в других местах интенсивно ведется обработка огромного материала на электронных вычислительных машинах. В Институте теоретической астрономии началась общая обработка и дискуссия более 10 000 наблюдений малых планет разных обсерваторий по плану Н. С. Яхонтовой. В наблюдениях галактик по плану Дейча получены лишь «первые эпохи» фотографий. «Вторые эпохи» будут фотографироваться через 20—30 лет после первых, и тогда можно будет определять движение звезд относительно галактик и приступить к общей дискуссии, которая, несомненно, приведет к интересным, а может быть, и неожиданным результатам. Столь большой срок реализации новой идеи обычен для астрометрии, да и вообще для астрономии, имеющей дело с космическими масштабами явлений. Лет через двадцать намечено повторить и меридианные

наблюдения слабых и ярких звезд для более уверенного вывода новой инерциальной системы координат и составления большого фундаментального звездного каталога. Таковы перспективы дальнейших работ по проблеме КСЗ.

Уже упоминалось об астрометрической конференции 1932 г.— переломном

пункте в развитии советской астрометрии. До этой конференции обсерватории нашей страны работали без общего плана, выполняя не связанные между собой программы наблюдений. Но в 20-е годы выяснилось, что наблюдения отдельной обсерватории с одним инструментом не могут дать результатов высокой точности.



Горизонтальный меридианный круг Л. А. Сухарева

Фото Б. К. Багильдинского

На конференции 1932 г. обсуждался и был одобрен ряд коллективных предприятий советских обсерваторий, и с этого времени астрометристы СССР стали работать в тесном контакте. Первой советской коллективной работой по меридианной астрометрии был Каталог геодезических звезд, содержащий около 1500 звезд, важных для геодезии и картографии. Наблюдения их были выполнены в 30-е годы на пяти обсерваториях СССР под руководством пулковского астронома Н. В. Циммермана. В 1948 г. был опубликован сводный каталог.

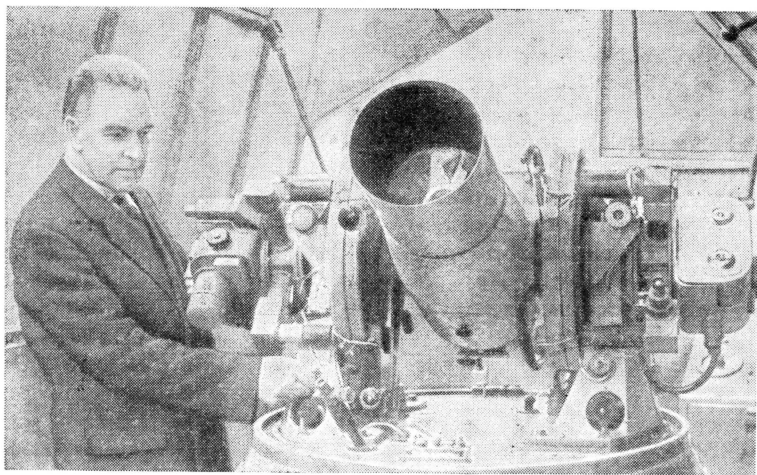
В послевоенные годы предложения о новых коллективных предприятиях по астрометрии ставятся уже в международном масштабе. Так, на X съезде Международного астрономического союза, который проходил в Москве в 1958 г., по инициативе советских астрономов были приняты актуальные программы меридианных наблюдений — Яркие звезды, Двойные звезды и Широтные звезды. Для первых двух программ списки звезд составлялись в Пулковской обсерватории, а потом были дополнены в Вашингтоне. Последняя программа, оформленная в список звезд в ГАИШе, предусматривает приведение в одну систему результатов многолетних широтных наблюдений обсерваторий северного полушария. Это позволит глубже изучить сложные изменения в положении земных полюсов и разрешить вопрос об их вековом движении. В настоящее время на ряде советских и зару-

бежных обсерваторий ведутся наблюдения звезд по новым программам.

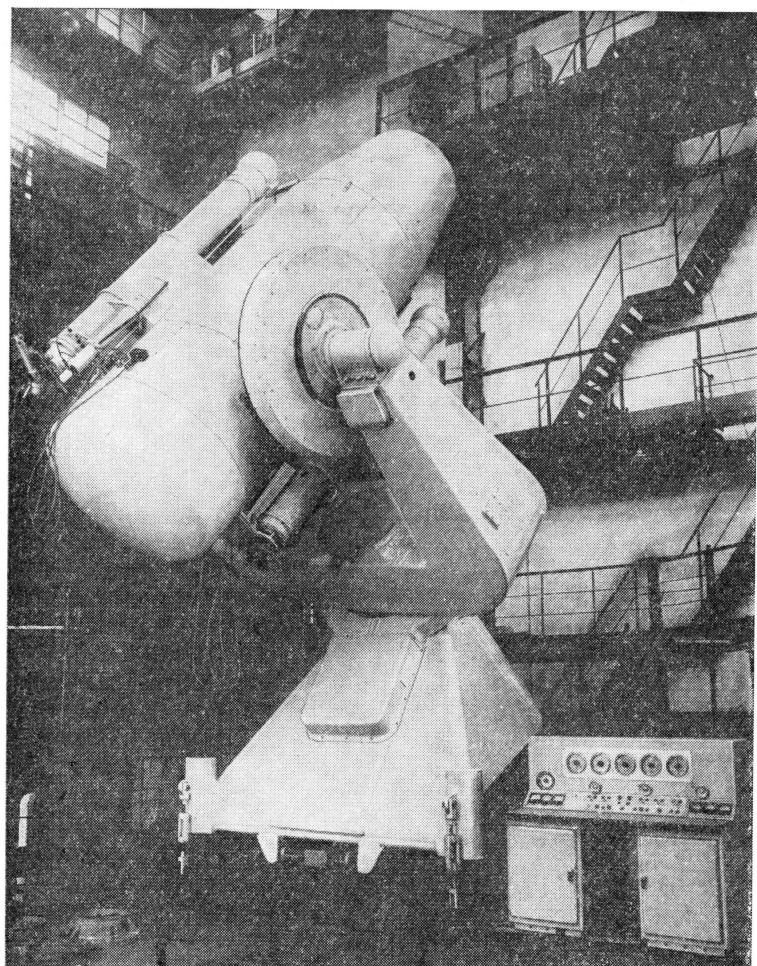
Рассмотрим теперь другие идеи, предложенные и реализованные советскими астрометристами. Они относятся, главным образом, к проблемам инструментально-методическим, которые в астрометрии играют огромную роль. Мы уже отмечали важность изучения и исключения систематических ошибок наблюдений. Еще в прошлом столетии эти ошибки были подразделены на три вида: инструментальные, личные и рефракционные. В 40-е годы советские астрономы (ГАИШ, Ташкентская обсерватория и др.) доказали преобладающую роль инструментальных ошибок (часто необъяснимого происхождения). Правда, некоторые инструменты, как оказалось, сохраняют свою «систему» в течение длительного времени. Это, например, было показано А. А. Немиро. Он построил независимую систему прямых восхождений и соответствующих собственных движений, используя 100-летний ряд наблюдений с одним и тем же большим пассажным инструментом Пулковской обсерватории. Новая система по точности оказалась сравнимой с лучшими фундаментальными системами, что свидетельствует о неизменности свойств инструмента в течение столетия. Этот вывод, однако, нельзя распространять на другие инструменты. Аналогичный опыт Б. А. Орлова с пулковским вертикальным кругом Струве — Эртеля не привел к успеху. Работой Б. А. Орлова и многолетними исследованиями николаевского вертикального круга

Г. К. Циммермана было доказано, что тонкие, трудно поддающиеся учету инструментальные погрешности, в особенности гнутые (прогибы трубы и других частей инструмента), не остаются постоянными, а меняются с течением времени (иногда постепенно, чаще — скачком, например при каждой разборке инструмента). Это заключение было подтверждено работами Энгельгардтовской (А. И. Нефедьева) и Голосеевской (В. В. Конин, А. К. Король) обсерваторий. Таким образом выяснилась необходимость самого тщательного изучения инструментальных погрешностей, влияющих на результаты наблюдений. При определении прямых восхождений особенно важно исследовать неправильности формы цапф, на которых инструмент вращается вокруг горизонтальной оси, а для склонений — гнутые и ошибки нанесения штрихов (диаметров) на разделенных кругах. В СССР разработан и применен ряд оригинальных методов исследования инструментальных ошибок, среди которых следует упомянуть методы исследования цапф П. И. Яшнова, А. М. Старостина и В. В. Подобеда и методы исследования гнутия В. А. Елистратова и В. П. Линника. Громадная работа, выполненная в советских обсерваториях по исследованию инструментов, привела к реальному повышению точности результатов наблюдений.

В нашей стране впервые обращено внимание на термические деформации из-за различия температуры разных частей инструмента, вызванного влиянием внешних факторов. Важные исследо-



Пулковский фотографический вертикальный круг



Двухменисковый астрограф Д. Д. Максутова

вания в этом направлении проведены В. М. Васильевым и Н. Н. Павловым в Пулкове и Г. К. Циммерманом в Николаеве.

Наконец, у нас предложены идеи и разработаны конструкции новых астрономических инструментов, которые полностью или частично свободны от недостатков, присущих классическим инструментам. Это — два оригинальных меридианных инструмента и один астрограф, разработанные в СССР за последние годы: горизонтальный меридианный круг (ГМК) Л. А. Сухарева, фотографический вертикальный круг (ФВК), предложенный автором этих строк, и двухменисковый астрограф Д. Д. Максутова.

В инструменте Сухарева вокруг горизонтальной оси вращается только массивное плоское зеркало, которое направляет лучи звезд в один из двух неподвижных горизонтально расположенных телескопов, расположенных в меридиане — к северу и югу от зеркала. Этот инструмент должен быть свободен от ошибок типа гнутия.

ФВК от классического вертикального круга отличается компактностью и симметричностью конструкции. В качестве центральной трубы использован менисковый телескоп Д. Д. Максутова. Наблюдения звезд и отсчеты кругов производятся фотографическим методом. Изготовленный в пулковских мастерских опытный экземпляр ФВК с успехом использовался чилийской экспедицией и дал рекордные по точности определения склонений звезд.

В астрографе Максутова, имеющем большую светосилу (1:3) при фокусном рас-

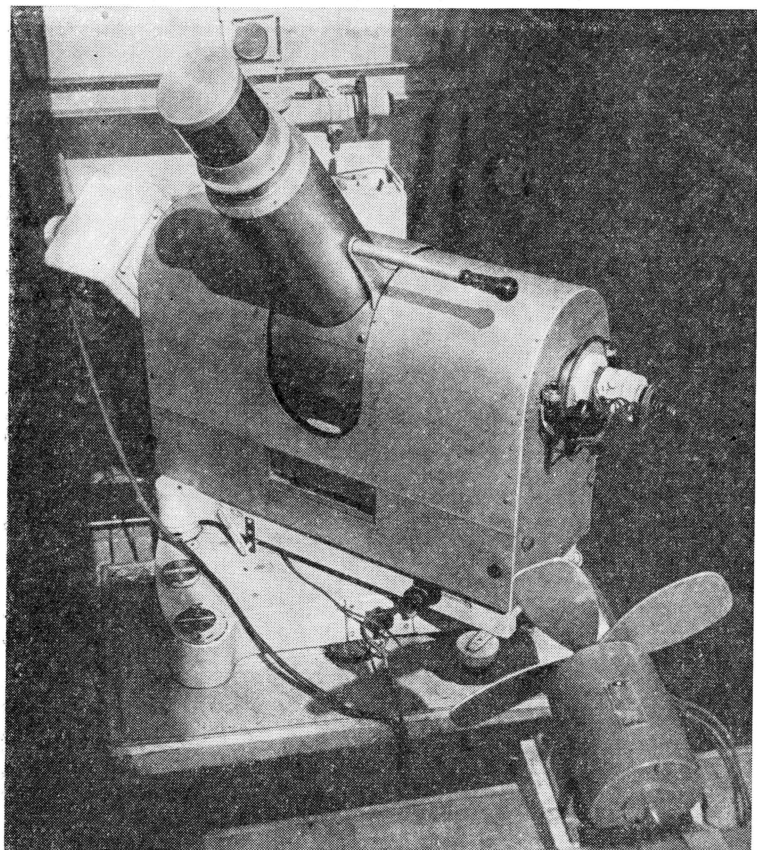
стоянии 2 м, второй мениск введен для исправления небольших ошибок (хроматизма увеличения) на краях поля $5^{\circ} \times 5^{\circ}$. Этот широкоугольный инструмент должен быть особенно подходящим для фотографирования слабых галактик. Первый экземпляр астрографа, построенный в Ленинграде, отправлен в Чили и монтируется на горе Эль Робле в 80 км от Сантьяго.

Самое радикальное средство против личных ошибок астрономических наблюдений — отстранение человека от основных операций при

наблюдениях, т. е. автоматизация наблюдательного процесса. С большим успехом это удалось сделать в Пулковской службе времени Н. Н. Павлову. Еще в 30-е годы он разработал и применил фотоэлектрическую регистрацию звездных прохождений, установив на пассажном инструменте вместо окулярного микрометра решетку с фотоэлементом. Этот метод был успешно применен и в других службах времени, например в Москве В. Э. Брандтом. Важное усовершенствование своего метода Н. Н. Павлов

ввел в 1952 г., заменив простую решетку зеркальной с двумя фотоумножителями, что свело к минимуму и сделало стабильным запаздывание регистрации. Параллельно Н. Н. Павлов тщательно исследовал влияние внешних факторов на наблюдения с пассажным инструментом (температурные градиенты, аномальная рефракция, эффект ветра). Под его руководством в пулковских мастерских изготовили новый пассажный инструмент с закрытыми цапфами и солидной термической защитой. Установленный в павильоне со специальной системой вентиляции, этот инструмент в последние годы весьма интенсивно использовался не только для нужд службы времени, но и для определения прямых восхождений звезд. КATALOGИ, составленные Н. Н. Павловым и его сотрудниками по наблюдениям с новым и с другими фотоэлектрическими инструментами, оказались первоклассными по точности. В работах по определению прямых восхождений звезд фотоэлектрическим методом Пулковская обсерватория и советская астрометрия добились выдающегося успеха.

Астрономы СССР предложили и реализовали ряд идей по автоматизации измерительных процессов. Так, в Киеве Н. А. Чернега и В. К. Дрофа впервые в СССР применили фотографирование отсчетов разделенного круга. Фотоэлектрические приборы для измерения этих фотографий построены в Николаеве В. М. Нечаевым, в Пулкове Л. А. Сухаревым и В. Д. Шкутовым и независимо от них Ю. П. Платоновым. Серьез-



Пассажный инструмент Н. Н. Павлова

Фото Б. К. Багильдинского

ная работа ведется в Пулкове и в других обсерваториях СССР по автоматизации измерения фотографий звезд. Наконец, в советских службах времени создано много оригинальных автоматов для регистрации точного времени. В связи с прогрессом автоматизации трудоемких вычислений развитие всех этих работ несомненно скоро приведет к коренному изменению характера деятельности астрономистов, освободит их от необходимости затрачивать огромную энергию и труд на выполнение технической работы.

В развитии астрометрии, как и всей астрономии, большую роль играет международное сотрудничество. Кол-

лективные предприятия по астрометрии организовывались еще в дореволюционное время, причем неоднократно обсерватории нашей страны принимали в них активное участие. Особенно широко развернулось сотрудничество астрономов разных стран в послевоенные годы. Советские астрономисты сейчас имеют тесные научные связи с обсерваториями Европы, Америки, Южной Африки, Австралии. Темы по астрометрии включены в договоры о научном сотрудничестве с некоторыми социалистическими странами. Хороший пример международного сотрудничества — чилийская экспедиция Пулковской обсерватории, успешно рабо-

тающая в самом тесном контакте с чилийскими астрономами. О международном признании достижений советской астрометрии можно судить по составу Комиссии «Позиционной астрономии» Международного астрономического союза. В эту комиссию сейчас входят 59 членов из 22 стран (9 членов — представители СССР).

К 50-летию Великого Октября советская астрометрия, как и вся советская наука, приходит с большими достижениями и с широкими перспективами дальнейшего прогресса, который приведет к еще большему расцвету науки и культуры в нашей великой стране.



ЛАЗЕР И МЕТЕОРНАЯ ОПАСНОСТЬ

Метеорные частицы с массами более 10^{-5} г представляют реальную опасность для космических полетов. Изучение этой опасности сталкивается с большими трудностями, так как недостаточно хорошо известно строение метеорных тел и их распределение по массам и скоростям, почти отсутствуют данные об их проникающей способности и т. д. Сбор соответствующей информации на ракетах и спутниках требует больших площадей покрытия и времени экспозиции. Приходится опираться на теоретические и лабораторные исследования. До последнего времени в лабораторных условиях удавалось разгонять малые частицы только до скоростей порядка 10 км/сек, а экстраполяция полученных результатов на метеорные скорости — до 70 км/сек — оставалась весьма сомнительной.

Недавно в Физическом институте имени П. Н. Лебедева (Москва) для разгона частиц был использован луч лазера. В этих экспериментах мелкие частицы размером в доли миллиметра (металлические опилки и порошок корунда) помещались на тонкую прозрачную пленку и освещались сквозь нее сфокусированным и модулированным лучом рубинового лазера. На расстоянии 15 см по направлению движения частиц помещался пьезорегистратор. По времени запаздывания импульса с пьезорегистратора оценивалась скорость частиц. Она оказалась порядка 10 км/сек, но при оптимальных условиях использования лазерного излучения возможно получение скоростей частиц более 100 км/сек. Для исследования воздействия частиц на вещество на их пути помещались стеклянные и металлические

пластинки. После пролета частиц в пластинках оставались отверстия и кратеры, напоминающие те, которые получаются при воздействии крупных метеорных частиц во время космических экспериментов.

Ускорение частиц в описанных экспериментах создается, главным образом, не прямым световым давлением, которое луч оказывает на частицу, а давлением отдачи при испарении вещества с поверхности частицы. При малых временах ускорения частиц (порядка 1 мксек) из-за очень неравномерного нагрева частиц давление отдачи в тысячи и десятки тысяч раз превышает прямое световое давление.

Свето-газодинамическое ускорение частиц может быть использовано не только для моделирования метеорных явлений в лабораторных условиях, но и для разработки методов борьбы с метеорной опасностью в космосе — путем воздействия на метеорные тела лучами лазера.

«Письма в редакцию ЖЭТФ», 5, 8, 258, 1967.

Успехи изучения фигуры Земли в СССР

*А. А. ИЗОТОВ,
доктор технических наук, профессор,
лауреат Государственной премии*

Открыв закон всемирного тяготения на рубеже XVII и XVIII столетий, И. Ньютон пришел к заключению, что Земля не строго шарообразна, как раньше было принято считать, а сплюснута в направлении полюсов и имеет вид сфероида или просто эллипсоида вращения с малым полярным сжатием. При этом подразумевалось, что невозмущенная поверхность мирового океана, мысленно продолженная под материками, и является поверхностью земного эллипсоида, который представляет фигуру Земли как планеты. С тех пор определение фигуры и размеров, а также гравитационного поля Земли стало основной научной проблемой геодезии и ведущей линией развития геодезической науки в нашей стране.

Примечательно, что организованная в 1725 г. Академия наук России уже на первом своем заседании обсуждала проблему о сфероидичности Земли, а впоследствии предпринимала большие научные мероприятия по ее решению. Одним

из них было произведенное в первой половине XIX века под руководством В. Я. Струве выдающееся градусное измерение по меридиану от устья Дуная до побережья Северного Ледовитого океана. Во второй половине прошлого столетия в Европейской части России были произведены градусные измерения и по дугам параллелей 48 и 52° широты. В прошлом же веке были выполнены некоторые работы и по определению силы тяжести в различных районах нашей страны. Названные градусные измерения и определения силы тяжести в свое время дали ценный материал для вывода размеров земного эллипсоида.

В середине прошлого столетия в размерах земного эллипсоида, выведенных из градусных измерений по разным меридианам, обнаружались значительные разногласия, которые не могли быть объяснены неизбежными ошибками измерений. Пытаясь объяснить эти разногласия, русский военный геодезист Ф. Ф. Шуберт тогда же высказал мысль,

что фигура Земли — эллипсоид с тремя неравными осями, и впервые определил размеры трехосного земного эллипсоида. Однако представление фигуры Земли в виде трехосного эллипсоида не устранило разногласий.

Сопоставление и изучение результатов соответствующих астрономических наблюдений и геодезических измерений привело к заключению, что фигура Земли, образованная замкнутой поверхностью Мирового океана, имеет очень сложный вид и не может быть представлена никакой правильной геометрической фигурой. Немецкий физик И. Б. Листинг в 1873 г. предложил назвать фигуру Земли *геоидом*. Он же на основании имевшихся в то время астрономических и геодезических данных доказывал, что поверхность геоида проходит на суше на 400 м выше и на океанах на 500 м ниже поверхности земного эллипсоида. Однако, используя в общем те же данные, русский математик и геодезист Ф. А. Слудский пришел к

заклучению, что отклонения геоида от земного эллипсоида хотя и существуют, но они значительно меньше по величине. Вместе с тем он разработал оригинальную теорию фигуры Земли и вывел дифференциальное уравнение геоида, которым в конце прошлого столетия воспользовался И. И. Померанцев для изучения местной фигуры геоида в Средней Азии.

После Великой Октябрьской социалистической революции наступила новая эпоха развития астрономо-геодезических и картографических работ в СССР, а также исследований по определению фигуры и размеров Земли. По декрету В. И. Ленина от 15 марта 1919 г. было организовано Высшее геодезическое управление ВСНХ (ныне Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР), имеющее задачу топографического изучения территории страны для поднятия и развития ее производительных сил. Решение этой народнохозяйственной задачи вызвало, прежде всего, широкое развитие астрономо-геодезических работ в СССР. На научную постановку этих работ сильное влияние оказали труды выдающегося советского геодезиста Ф. Н. Красовского, который разработал программу построения в СССР астрономо-геодезической сети, удовлетворяющей требованиям топографических съемок и целям определения фигуры и размеров Земли.

По этой программе астрономо-геодезическая сеть СССР строится в виде рядов триангуляции I класса, прокладываемых в общем вдоль



26 августа 1967 года исполнилось 60 лет со дня рождения одного из крупнейших советских геодезистов, профессора, доктора технических наук, лауреата Государственной премии Александра Александровича Изотова, который в течение многих лет является активным членом Президиума Центрального совета ВАГО и редакционных коллегий ряда журналов.

«Земля и Вселенная» сердечно поздравляет Александра Александровича, желает ему доброго здоровья и новых успехов в его многогранной научной и общественной деятельности.

земных меридианов и параллелей приблизительно через 200—250 км друг от друга. В местах пересечения рядов триангуляции различного направления измеряют базисы со средней квадратичной ошибкой не более 1:1 000 000 доли их длины, а углы треугольников в этих рядах измеряют с ошибкой не более 0",7. На пунктах триангуляции I класса через каждые 70—100 км производят астрономические определения широты, долготы и азимута, причем их средние квадратичные ошибки в общем не превышают 0,5 секунды дуги. Выполнение астрономо-геодезических работ по описанной программе за годы советской власти привело к построению в СССР обширной системы градусных измере-

ний, которые служат для уточнения наших знаний о размерах Земли.

Вскоре после окончания гражданской войны в нашей стране А. А. Михайлов, Л. В. Сорокин и другие ученые возобновили работы по определению силы тяжести, которые с начала 30-х годов получили планомерное и широкое развитие. В ходе развития этих работ в СССР накопились ценнейшие данные для изучения фигуры и гравитационного поля Земли, а также других геолого-геодезических проблем, связанных с выяснением особенностей ее внутреннего строения и освоением богатств ее недр.

Результаты астрономо-геодезических работ в СССР показали, что ранее полученные данные о раз-

мерах земного эллипсоида не характеризуют фигуру и размеры Земли с необходимой точностью. Выяснилось также, что они не удовлетворяют требованиям математической обработки астрономо - геодезической сети СССР и последующего использования ее данных для решения научных и практических задач геодезии. Это обстоятельство поставило проблему уточнения размеров земного эллипсоида и определения его положения в теле Земли.

Исследования по определению размеров земного эллипсоида были начаты Ф. Н. Красовским около 1933 г. При этом он исходил из предположения, что фигура Земли может быть представлена трехосным эллипсоидом. На основании градусных измерений СССР по состоянию их на 1935 г. и градусных измерений США и Западной Европы Ф. Н. Красовский в 1936 г. определил параметры трехосного земного эллипсоида и получил следующие данные:

средний радиус экватора = 6 378 210 м
среднее полярное сжатие = 1 : 298,6
сжатие земного экватора = 1 : 30 000
долгота наибольшего меридиана = 10°
к востоку от Гринвича.

Следует отметить, что средний радиус экватора и среднее полярное сжатие трехосного земного эллипсоида в данном случае равны соответственно полусумме наибольшего и наименьшего радиусов экватора и полусумме сжатий наибольшего и наименьшего меридианов Земли.

Полученные Ф. Н. Красовским данные о размерах земного эллипсоида имели большое научное значение. Они вполне обоснованно подтверждали, что прежние данные о фигуре и размерах Земли уже не заслуживают бесспорного доверия. Вместе с тем они подтверждали также необходимость замены принятого в геодезических работах СССР земного эллипсоида Бесселя более точными данными о размерах Земли.

Дальнейшие исследования по уточнению размеров земного эллипсоида продолжил А. А. Изотов под общим руководством Ф. Н. Красовского. При этом усовершенствовались методы исследований и использовались быстро накапливавшиеся материалы градусных измерений и определений силы тяжести в СССР. На основании более обширных градусных измерений СССР, а также градусных измерений США и Западной Европы в начале 1940 г. были получены следующие уточненные параметры трехосного земного эллипсоида:

средний радиус экватора = 6 378 245 м
среднее полярное сжатие = 1 : 298,3
сжатие земного экватора = 1 : 30 000
долгота наибольшего меридиана = 15°
к востоку от Гринвича.

Трехосный земной эллипсоид можно рассматривать как интерполятивное представление фигуры Земли и ее возможных общих отклонений от правильной фигуры вращения. Однако, как бы то ни было, факт «трехосности» Земли в настоящее

время имеет достаточно обоснованное подтверждение. Новейшие исследования приводят также к заключению, что северное и южное полушария Земли несколько асимметричны относительно экватора, т. е. северный и южный полюсы Земли находятся на неравном расстоянии от ее центра масс.

Применение трехосного эллипсоида для геодезических целей и других инженерно-технических расчетов сильно усложнило бы дело. Поэтому было признано вполне достаточным фигуру Земли для геодезических и картографических работ СССР представить просто эллипсоидом вращения. В связи с этим по Постановлению Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 г. в нашей стране принят земной эллипсоид, названный эллипсоидом Красовского и характеризующийся следующими параметрами:
радиус экватора 6 378 245 м
полярный радиус 6 356 863 м
полярное сжатие 1 : 298,3.

В настоящее время эллипсоид Красовского применяется также в геодезических работах социалистических стран Европы и Азии.

Хотя упомянутые исследования по определению размеров земного эллипсоида проводились в практических целях, их результаты имеют и большое научное значение, как достаточно обоснованные данные о фигуре и размерах Земли. Это подтверждается и результатами новейших определений фигуры, размеров и гравитационного поля Земли по градусным измерениям, мировой гравиметрической съемке и

наблюдениям за движением искусственных спутников. Так, новейшие исследования приводят к заключению, что радиус экватора эллипсоида Красовского, по-видимому, содержит ошибку только около 50 м, а полярное сжатие его можно считать практически точной величиной.

Чтобы задать положение эллипсоида Красовского в теле Земли, М. С. Молоденский и А. А. Изотов определили высоту геоида и составляющие отклонения отвесной линии от нормали к поверхности названного земного эллипсоида в Пулковке, который служит исходным пунктом геодезических работ в нашей стране. По полученным данным астрономические координаты Пулковской обсерватории были преобразованы в соответственные геодезические координаты, которые теперь служат исходными данными для определения координат пунктов опорной геодезической сети СССР. После установления размеров и положения эллипсоида Красовского определялись отступления геоида и, тем самым, получались подробные численные характеристики фигуры Земли на территории нашей страны.

Быстрое накопление гравиметрических данных в СССР и других странах открыло новые возможности изучения фигуры и гравитационного поля Земли. Одной из первых работ в этом направлении явилась работа Б. В. Дубовского, который в 1937 г. выполнил разложение силы тяжести по сферическим функциям до 6 порядка включительно. Но наиболее фундаментальные исследования гравитацион-

ного поля Земли выполнил И. Д. Жонголович, который в 1952 г. опубликовал результаты разложения силы тяжести до 8 порядка, используя для этой цели около 26 000 пунктов мировой гравиметрической съемки. Он же по своим результатам разложения силы тяжести составил мировую карту отклонений геоида от земного эллипсоида. Эта работа И. Д. Жонголовича оказала большое влияние на методы последующих исследований фигуры и внешнего гравитационного поля Земли.

Использование гравиметрических данных для решения научных и практических задач начались с исследований И. А. Казанского, который в 1932 г. на основании незадолго до этого выведенных Венингом Мейнесом формул впервые определил отклонения отвесной линии и фигуру геоида по измерениям силы тяжести на территории Московской гравитационной аномалии. Его исследования положили начало развитию советских научных работ, из которых сложилось новое плодотворное направление — геодезическая гравиметрия.

Исходные положения геодезической гравиметрии первоначально основывались на классической теореме, которую доказал английский ученый Стокс еще в прошлом веке. Согласно этой теореме, если известна угловая скорость вращения планеты около неизменной оси и задана фигура уровенной поверхности, обнимающей все ее массы, то сила тяжести и ее потенциальная функция могут быть

однозначно определены как на самой этой поверхности, так и во всем внешнем пространстве. В геодезии приходится решать обратную задачу, т. е. по измерениям силы тяжести определять фигуру Земли и притом в довольно сложных условиях, когда над уровенной поверхностью Мирового океана выступают притягивающие массы материков.

Почти до середины 30-х годов существовали значительные разногласия относительно применения теоремы Стокса к определению фигуры Земли. Рассматривая условия применения этой теоремы, А. А. Михайлов вскрыл причины возникших в ней разногласий и на простых моделях планеты показал важность правильного приведения измерений силы тяжести к уровню моря, т. е. правильной регуляризации фигуры Земли. В те же годы Н. Д. Моисеев, М. С. Молоденский, и Н. Р. Малкин разработали теории и методы определения фигуры геоида нерегуляризованной Земли.

Стремясь обойти трудности изучения геоида на основании теоремы Стокса, которая требует в той или иной форме применения гипотезы о внутреннем строении Земли, Н. К. Мигаль в 1939 г. поставил задачу определения возмущающего потенциала силы тяжести на физической поверхности Земли. Для преодоления трудностей применения названной теоремы решающее значение имели теоретические исследования М. С. Молоденского, который в 1945 г. обосновал новый принцип изучения фигуры Земли, не требующий ника-

ких данных или гипотез о ее внутреннем строении. Он предложил отказаться от изучения фигуры геоида в классическом понимании и использовать астрономо-геодезические и гравиметрические измерения для определения фигуры физической поверхности Земли и ее внешнего гравитационного поля. М. С. Молоденский в 1949 г. доказал принципиальные возможности определения фигуры физической поверхности Земли чисто геометрическим методом и, тем самым, высказал основные идеи пространственной геодезии. Большое значение теоретических работ М. С. Молоденского для геодезии и геофизики было

отмечено присуждением ему Ленинской премии (1963 г.).

За истекшие 50 лет в СССР получены новые данные о размерах Земли и ее гравитационном поле. Разработаны новые теории и методы решения научных проблем геодезии. Эти достижения — большой вклад в развитие геодезии, являющейся одной из наук о Земле.

Последние годы характеризуются дальнейшим развитием астрономо-геодезических работ на земном шаре. Создаются астрономо-геодезические сети континентального характера. Развивается гравиметрическая съемка материков и огромных пространств Мирового

океана. Искусственные спутники Земли открыли новые возможности определения ее фигуры, размеров и внешнего гравитационного поля. Все эти обстоятельства создают благоприятные условия для развития исследований по основным научным проблемам геодезии. Вместе с тем требования в отношении точности и полноты решения этих проблем непрерывно повышаются и расширяются. Поэтому уточнение наших знаний о фигуре, размерах и внешнем гравитационном поле Земли как планеты — актуальная задача астрономо-геодезической науки сегодняшнего дня и обозримого будущего.



САМЫЙ ТОЛСТЫЙ СЛОЙ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

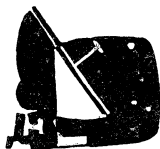
Буровая установка, с помощью которой была пройдена глубочайшая скважина в ледяном покрове Гренландии, переправлена в Антарктиду. Здесь началось бурение с целью взять колонку льда с глубины более 2500 м.

В Гренландском ледяном куполе обнаружены температуры более низкие, чем ожидалось. Предполагалось, что они будут выше точки замерзания воды, в действительности температуры составили около -16°C .

Самая низкая температура ($-24,4^{\circ}\text{C}$) отмечена на глубине, близкой к 130 м.

По мнению специалистов, столь низкие температуры на глубине указывают на то, что слой вечной мерзлоты в Гренландии может иметь мощность 500—700 м, т. е. больше, чем где-либо в мире.

«Science News», 90, 1966, 449.



МЕТЕОРИТ МУНДРАВИЛЛА

В марте 1966 г. во время геологического обследования бассейна Юкла в Западной Австралии авторы заметки обнаружили на равнине Налларбор, к северу от трансконтинентальной железной дороги (широта $30^{\circ}47'$ ю; долгота $127^{\circ}33'$ в) два крупных железных метеорита. Они лежали на расстоянии около 180 м друг от друга.

Первые сведения об этих метеоритах поступили от охотника за кроликами, однако нескольким экспедициям не удалось найти их в указанном месте.

По приблизительной полевой оценке вес большего осколка метеорита (рис. 1) достигает 10—12 т, а меньшего (рис. 2) — 5,5 т. Каждый из них по массе превосходит ранее найденные в Австралии метеориты.

В месте падения осколков мете-

орита в глинистой почве образовались очень незначительные углубления. Раскопка показала, что неравномерная кора под метеоритами состоит из тонко расслоенного железистого «сланца», который лежит непосредственно на окремненном известняке наллларбор миоценового возраста¹. Железистый сланец встречается также на протяжении нескольких сот метров от места падения, главным образом в восточном направлении.

Большая масса грубо конической формы, переходящей в полусферическую, с вершиной, частично скрытой почвой. Ось ее наклонена к земной поверхности под углом приблизительно 60° .

Доказательством того, что меньшая масса откололась во время движения в атмосфере от большей, служат их неровные угловатые поверхности, которые соответствуют друг другу и по размерам и по форме.

Резко выраженный «шпиковатый» рельеф на поверхности каждой массы, очевидно, результат оплавления при движении в атмосфере троилитовых² включений. Атмосферное выветривание, несомненно, отразилось на внешнем виде метеоритов, однако желобки

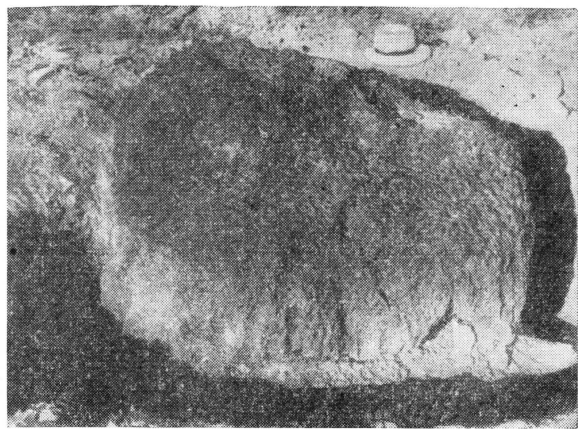
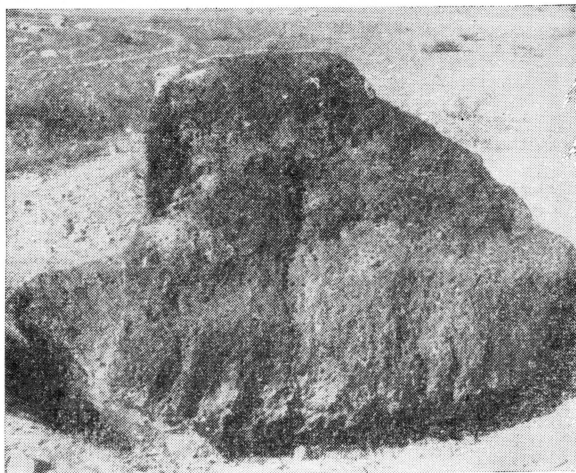
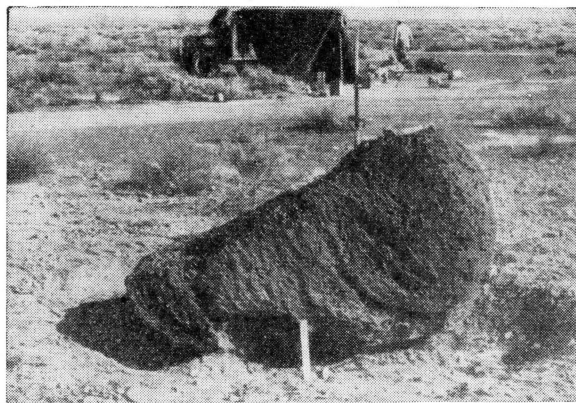


Рис. 1. Фотографии большого осколка железного метеорита Мундрабилла. Внизу показана его «нижняя» поверхность

Рис. 2. На верхнем снимке — один из авторов заметки Р. В. Уилсон рядом с меньшим осколком метеорита Мундрабилла. Видна поверхность раскола метеорита. На нижнем снимке — вид того же куска метеорита с противоположной стороны

абляции³ и бороздчатость сохранились достаточно хорошо. Они говорят об устойчивой ориентации метеорита при полете через земную атмосферу.

Скопления мелких железных осколков вокруг нижних поверхностей каждой массы, по-видимому, результат их выветривания после падения. Полировка и травление некоторых из этих осколков показали, что метеориты относятся к среднеструктурным октаэдрикам⁴. В осколках присутствуют троилитовые и шрейберзитовые⁵ включения, а также графит, который нередко встречается в тесной ассоциации со шрейберзитом.

Тщательное боронование площади на нескольких акрах вокруг обеих масс позволило установить характер рассеяния мелких же-

лезных осколков и осколков железистой глины. Предварительное изучение собранных материалов свидетельствует о том, что метеорит упал с запада при относительно малой скорости и большом угле наклона. Никаких следов кратерообразования или отскока не было установлено. По-видимому, мелкие осколки отделились до того, как метеорит ударился о земную поверхность. В основном они, очевидно, отпали в процессе обжига поверхностей обеих масс и рассеялись вдоль траектории с запада на восток на протяжении, по крайней мере, 1,5 км.

Благодаря чрезвычайно сухому климату и очень тонкому почвенному слою в районе падения метеорита находка хорошо сохранилась и может дать важные све-

дения по различным аспектам метеоритики.

Р. В. УИЛСОН,
А. М. КУНЕЙ

Перевод с английского
Е. Л. КРИНОВА

ТЕРМИНЫ, ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ В
ЗАМЕТКЕ «МЕТЕОРИТ МУНДРА-
БИЛЛА»:

1. Миоцен — часть третичного периода истории Земли, охватывающая промежуток времени от 20—25 до 6 млн. лет до н. э.

2. Троилит — минерал, представляющий собой химическое соединение железа с серой (сульфид железа).

3. Абляция — процесс постепенного уменьшения массы метеорита в результате испарения, плавления и механического разрушения.

4. Среднеструктурный октаэдрит — тип железных метеоритов, содержащий около 7—9% никели.

5. Шрейберзит — минерал, включающий в себя соединение железа с фосфором (фосфид железа).

ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ*

(развитие и успехи за полвека после
Великой Октябрьской революции)

*Е. К. ХАРАДЗЕ,
академик АН ГрузССР, профессор,
директор Абастуманской астрофизической обсерватории,
Председатель комиссии по звездной астрономии
Астрономического совета АН СССР*

Звездная астрономия является обширным и разветвленным разделом современной астрономии. В нынешнем состоянии она занимает одно из ведущих мест в астрономической науке и весьма важное место в естествознании, заключая в себе возможности широких обобщений, вскрывающих закономерности происхождения, строения и эволюции космической материи и звездного мира.

Такое ее состояние — это результат интенсивного накопления огромного объема наблюдательной информации в течение почти полутора столетий, множества принципиальных открытий, развития методов и новых средств наблюдения и исследований. При этом нема-

ловажное влияние на содержание и характер звездной астрономии оказала, особенно за несколько последних десятилетий, астрофизика, отражающая глубокое развитие физики в нашу эпоху.

Проблемы звездной астрономии вовлекают в исследования подавляющее большинство крупнейших и крупных обсерваторий и астрономических учреждений земного шара.

Русская звездноастрономическая наука прошлого может назвать известные имена и вехи, которые надолго остались украшением нашей науки. Это — знаменитые «Этюды по звездной астрономии» В. Я. Струве, появившиеся почти на заре зарождения новой науки — звездной астрономии; исследования М. А. Ковальского, предвосхитившие открытия нашего времени; труды славных русских астрономов старой Пулковской

школы, завещавшей замечательные традиции, которые были затем восприняты и приумножены советской астрономией.

И тем не менее следует признать, что настоящий перелом, а затем и расцвет отечественной звездной астрономии наступили только в советский период. Коренное социальное переустройство нашей страны неизмеримо подняло роль и возможности всей науки, а вместе с ней и астрономии.

За прошедшие 50 лет вся астрономия сильно изменилась. Это касается также и звездной астрономии, в области которой выполнено множество работ.

Две сферы деятельности обуславливают успехи звездной астрономии. Первая, основная, создающая предпосылки для второй, состоит в планомерном накоплении наблюдательного материала, т. е. фактической информации, касающейся

* Сокращенный текст доклада, прочитанного автором на юбилейной сессии Астрономического Совета АН СССР в Тбилиси (апрель 1967 г.)



31 октября 1967 г. исполняется 60 лет со дня рождения директора Абастуманской астрофизической обсерватории и действительного члена Академии наук Грузинской ССР, вице-президента Всесоюзного астрономо-геодезического общества при Академии наук СССР профессора Евгения Кирилловича Харадзе.

«Земля и Вселенная» приветствует Евгения Кирилловича и желает ему еще многих лет крепкого здоровья и дальнейшей плодотворной деятельности на благо советской науки.

позиционных, кинематических и разнообразных физических параметров, статистически характеризующих звездный мир. Успехи в этой сфере всецело зависят от наблюдательных возможностей.

Советская оптико-механическая промышленность, конструкторское творчество прошли большой путь, начало которого определилось первым в СССР рефлектором, сооруженным Астрономическим институтом в Ленинграде и установленным 35 лет назад в Абастумани.

Расширение материальной основы обеспечивалось в первую очередь развитием сети астрономических учреждений. Была создана первая в Советском Союзе горная Астрофизическая обсерватория в Абастумани*.

* Очерк о деятельности Абастуманской обсерватории уже был опубликован в журнале «Земля и Вселенная», № 1, 1965 г.

Впоследствии возникли новые обсерватории, во главе их — уже ставшие знаменитыми Бюраканская астрофизическая обсерватория АН Армянской ССР, Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР, а также другие учреждения, как Алма-тинский институт астрофизики, Южная база Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга и т. д.

Кто хорошо помнит 30-е годы истории советской астрономии, знает, что создание обсерватории в Абастумани в то время очень ярко выражало и утвердившийся к тому времени принцип плановости в организации советской науки, и начало поворота к усилению астрономических исследований в Советском Союзе, и, наконец, преимущества социалистического строя, открывшего широкие возможности для развития творческих сил республик

Союза. Обсерватория строилась, начинала жизнь, а затем и развивалась в тесном научном сотрудничестве с астрономическими центрами Советского Союза.

Организация обсерватории в Абастумани отвечала вместе с тем требованиям астрономической науки нашего времени, заключавшимся, во-первых, в выносе обсерваторий из городов в заповедные места, а во-вторых, в более смелом внедрении в практику астрономических наблюдений новых физических методов.

Мы не случайно организовали первую новую обсерваторию как астрофизическую, и вполне закономерно, что последующие новые обсерватории, почти все, создавались как астрофизические, по абастуманскому примеру. А какую огромную роль они сыграли для развития советской звездной астрономии, мы увидим ниже.

Создание такой материальной основы советской астрономии, наряду с другими благоприятствующими факторами, расширило доступный исследованию объем Вселенной и обеспечило последовательное нарастание силы проникновения в тайны звездного мира, обогатив при этом звездную астрономию большими рядами наблюдений и измерений и новой, весьма содержательной информацией.

Изучение галактик, и в первую очередь нашей Галактики, является конечной проблемой звездной астрономии, и к этой всеобъемлющей проблеме имеется несколько подходов.

Во-первых, это — изучение пространственного распределения звезд и характеристик межзвездной среды, во-вторых, исследование внутригалактических звездных систем (кратных звезд, звездных скоплений и ассоциаций), во многом определяющих структуру Галактики, наконец, — кинематика и динамика звездных систем. Я начну с характеристик исследований в последнем из названных направлений, ибо именно в этой области раньше всего появились такие работы и результаты, которые почти первыми стали создавать вес и престиж звездноастрономической науке советской эпохи.

Если главной задачей звездной динамики признать изучение движений звездных систем как средство исследования строения Галактики и вместе с тем как основу для построения неподвижной в пространстве системы координат, то следует отметить как первый вклад выполненные в 20-

годы В. Г. Фесенковым и другими исследования движения Солнца и определения прецессионной постоянной с учетом вращения Галактики, а также и высокоточные определения и исследования собственных движений звезд (в Пулкове и Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга в Москве). Известно, какое широкое применение нашли пулковские результаты в голландских и других зарубежных работах и какое просторное поле создали они для плодотворного международного научного сотрудничества, особенно после того как советскими учеными была выдвинута, возглавлена, а теперь, в наши годы, в значительной степени и осуществлена международная работа по построению системы абсолютных движений слабых звезд, редуцированных к внегалактическим объектам.

Однако работы собственно по динамике звездных систем в нашей стране начались в 30-е годы с появлением выдающихся работ В. А. Амбарцумяна. В них впервые была сформулирована в физическом аспекте концепция квазистационарного состояния звездных систем. Здесь были новаторски применены результаты физических исследований взаимодействий частиц в газах и объяснена невозможность установления в звездных системах распределения Максвелла — Больцмана, определяющего статистическое равновесие. Основные идеи, развитые В. А. Амбарцумяном относительно движений звезд в условиях сближений и без них, т. е. относительно иррегулярных

и регулярных сил, разработка понятий времени релаксации механического и статистического равновесия Галактики заметно дополнили классические работы Д. Джинса и А. Эддингтона, в известной степени стимулировали позднейшие работы С. Чандрасекара и облекли этот раздел науки в форму стройной теории, испытывавшей в дальнейшем большое развитие.

Впоследствии исследования по динамике звездных систем сосредоточились в нескольких центрах Советского Союза и вылились в капитальные работы, связанные с именами К. Ф. Огородникова, Т. А. Агеяна, П. П. Паренаго, Г. Г. Кузмина, Г. М. Идлиса.

П. П. Паренаго долго возглавлял московскую звездноастрономическую школу, вдохновлял многообразные работы по всему Советскому Союзу, имея большое количество учеников в центре и на периферии.

Еще в начале 30-х годов К. Ф. Огородников развил общую теорию систематических звездных движений и пришел к кинематической интерпретации известного К-эффекта, заключающегося в аномалии лучевых скоростей горячих звезд. Впоследствии теория Огородникова была обобщена Э. Милном и получила развитие под названием «Кинематики Огородникова — Милна».

Весьма плодотворной оказалась идея сочетания в динамике звездных систем методов статистической физики и гидродинамики, так называемый синтетический метод. Принципиальное значение имели идеи К. Ф. Огородникова о проблемах звездной динамики как



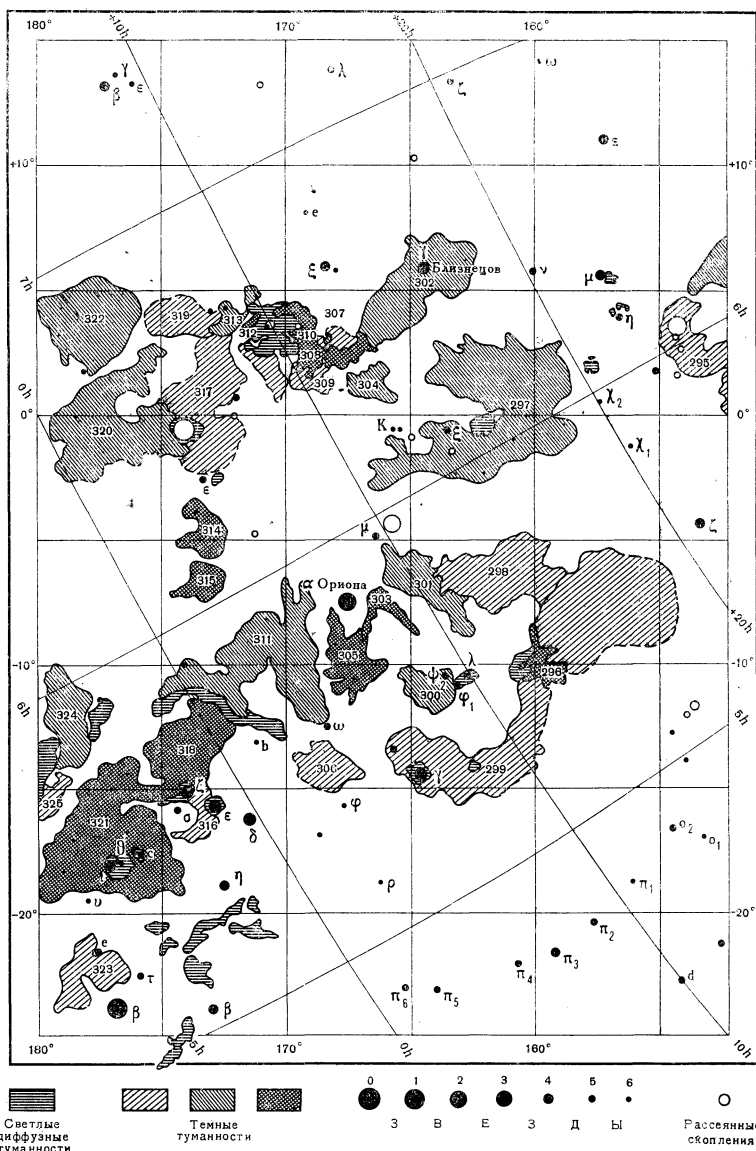
Газово-пылевая туманность в созвездии Цефея (север — вверх). Около северо-западного края имеется много изолированных темных включений, в том числе ряд глобул. В восточной части располагаются отдельные тонкие волокна с ориентированными направлениями. Из Атласа газово-пылевых туманностей (В. Г. Фесенков и Д. А. Рожковский, Астрофизический институт АН Казахской ССР, 1953)

о теории внутреннего строения галактик. Впоследствии на этой основе стали открываться пути применения к задачам звездной динамики методов физики плазмы. П. П. Паренего получил в свое время конкретное аналитическое выражение для галактического потенциала вблизи галактической плоскости, что нашло приложение к детальному изучению орбит звезд. В дальнейшем Г. М. Идлис и Г. Г. Кузмин существенно продвинули вперед исследование галактического потенциала и его использование для решения ряда вопросов динамики Галактики.

Известно, какую роль играет газопопылевая материя в космогонии звездных систем и для построения возможно полного представления о силах, действующих в звездных системах. Это ставит нас перед необходимостью исследовать взаимодействия между звездами и межзвездным веществом. Такое направление звездодинамических исследований получило развитие в работах Т. А. Агекяна.

Естественно, что успешное развитие звездодинамической теории привело к решению многих практических задач, в частности задач об определении периода вращения и круговой скорости Галактики и о распределении масс в Галактике. Эта последняя задача получила успешное развитие в работах советских исследователей.

Р. И. Киладзе в Абастумани один из первых вычислил распределение масс в Галактике с привлечением радиоастрономического материала, благодаря чему он пользовался более надежными



Галактические темные туманности в области созвездий Ориона и Близнецов. Из Атласа галактических темных туманностей (Д. Ш. Хатаси, Абастуманская астрофизическая обсерватория АН Грузинской ССР, 1960)

данными для плотности в окрестностях центра Галактики и мог вести вычисления как для модели плоского диска, так и модели со сферическим строением, в отличие от предшествовавших ему исследователей.

Решались также и частные качественные задачи, касающиеся звездных орбит, имеющие, однако, космогонический интерес. В качестве примера мы назовем результат Р. М. Дзигвашвили (в Абастумани), согласно ко-

тому звезды плоских и промежуточных подсистем зародились в тех областях Галактики, где они находятся и теперь.

В последние годы мы являемся свидетелями особенно значительного развития звездной динамики.

Характерным и прогрессивным является для исследований последнего времени то, что интенсивнее разрабатывается теория нестационарных звездных систем, что отвечает установленному факту распространенности среди звездных систем явлений нестационарности. Гидродинамический метод исследования звездных систем, развиваясь, применяется теперь для построения модели сферической системы и исследования эволюции сферической звездной системы под влиянием иррегулярных сил. Открываются возможности приложения методов звездной динамики к чисто небесномеханическим задачам определения орбит искусственных космических тел, которые, как известно, сильно отличаются от кеплеровых кривых. А это уже очень созвучно с научными и практическими интересами космической эры, открытой 10 лет назад благодаря успехам советской науки и техники.

Но обратимся снова к 30-м годам, когда окончательно стало ясно, что кардинальная задача звездной астрономии — изучение строения Галактики — не может решаться без подробного изучения поглощения света звезд в межзвездном пространстве и без учета искажающего влияния этого поглощения на звездные расстояния. Эти годы стали годами оживленного иссле-

дования межзвездной материи, межзвездной среды во многих обсерваториях земного шара.

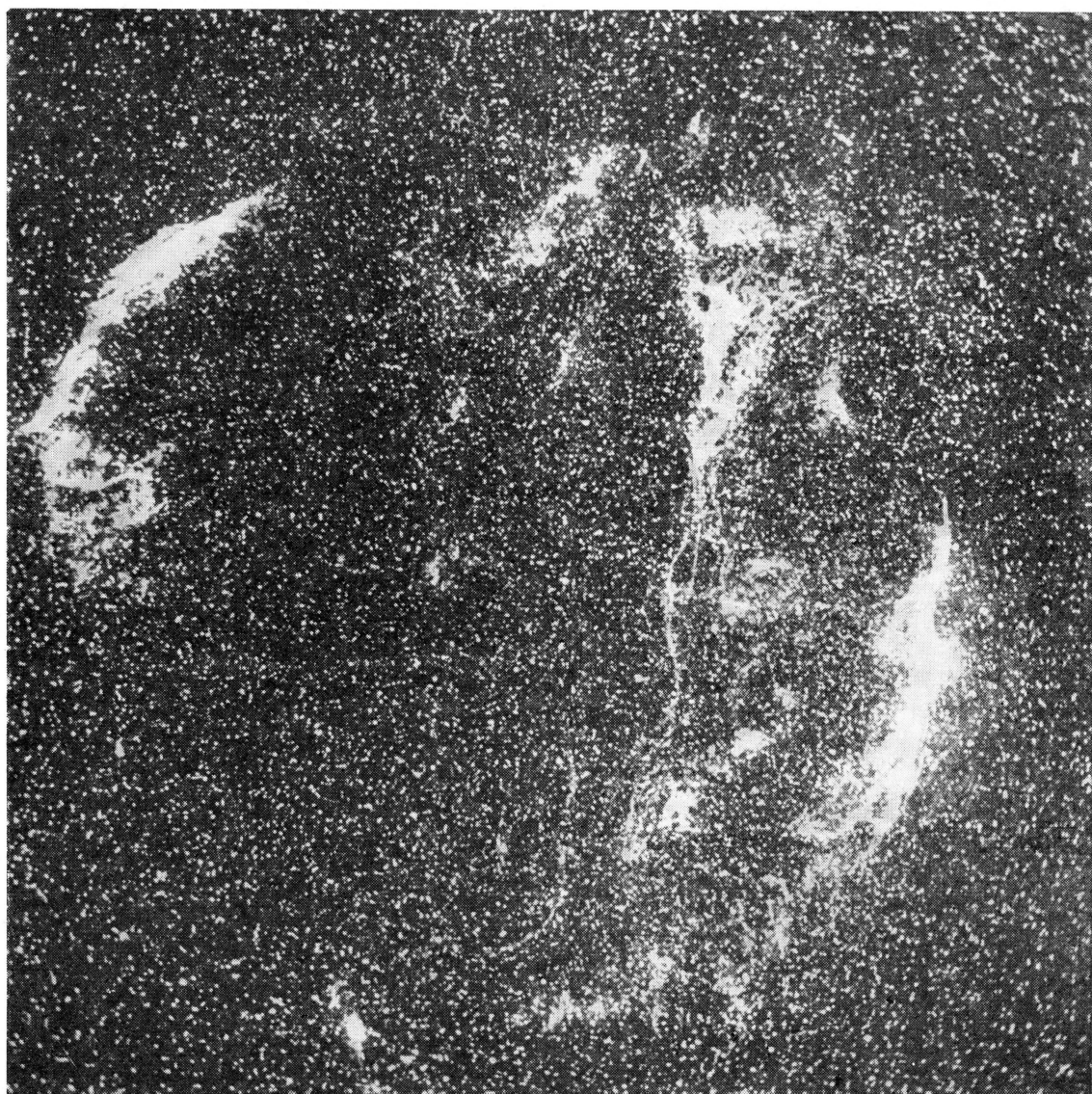
Вклад советских астрономов в эту область весьма весомый, выполненные работы многочисленны и многообразны. Для них характерно сочетание кропотливых наблюдений и работ по построению многочисленных каталогов звездных параметров с их использованием и теоретическими исследованиями. К тому же немалое значение имели в смысле влияния на последовательную разработку этой большой проблемы новые взгляды на природу межзвездной среды, развитые советскими учеными. Известно, как много исследований выполнялось в течение ряда лет у нас и за рубежом в свете концепции В. А. Амбарцумяна и Ш. Г. Горделадзе о дискретности поглощающей среды или разработанной В. А. Амбарцумяном теории флуктуаций поглощения.

Большое значение имели для развития практического применения метода цветových избытков исследования Б. В. Кукаркина, О. А. Мельникова, в частности, исследования закона межзвездного покраснения, который оказался отличным от релеевского. До последнего времени к методу цветových избытков постоянно прибегали в Крымской, Абастуманской обсерваториях, в исследованиях ГАИШ.

Существенное развитие испытал в Советском Союзе известный метод Вольфа определения поглощения света в Галактике. К. Ф. Огородников подверг его критическому анализу, указав на недопустимость пренеб-

режения функцией светимости, и предложил теоретически обоснованную модификацию этого метода, нашедшую дальнейшее развитие в исследованиях Д. Я. Мартынова и его коллег по обсерватории имени В. П. Энгельгардта, а также в работах О. В. Добровольского.

Нет никакой возможности даже просто перечислить то великое множество работ, которое выполнено у нас в Советском Союзе по этому разделу звездной астрономии. В числе опускаемых мною находится немало важных исследований, как например, выполненное со строгостью классических работ изучение межзвездного поглощения по собственным движениям звезд (А. Н. Дейч). У нас успешно сочетались, как я уже сказал, энергичное накопление фактического материала с развитием идей и теоретическими разработками; в советских работах были получены оценки многих параметров, характеризующих межзвездную среду, — массы, среднего поглощения в одном среднем облаке галактической пыли, размеров темных туманностей, эквивалентной толщины галактического поглощающего слоя и т. п., оценки, которые служили исходными данными в многочисленных исследованиях практических задач галактической структурной астрономии. Проводились также работы, имевшие характер кооперированных предприятий, в которых осуществлялось комплексное исследование Млечного Пути (по так называемому плану Паренаго); в них плодотворно участвовали Главная астрономическая обсерватория АН УССР (в Голо-



Система тонковолокнистых газовых туманностей сложной структуры со следами явлений магнитогидродинамического характера. Из Атласа диффузных газовых туманностей (Г. А. Шайн и В. Ф. Газе, Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР, 1952)

сееве) и другие. Тут имелись, наконец, важные методические разработки, среди которых выделяются исследования В. Л. Страйжиса в Вильнюсе по фотометрическим системам.

Все это отметило один законченный этап в мировой

разработке проблемы межзвездного поглощения света, сыгравший важную роль в развитии звездной астрономии.

Но вспомним, что эта проблема имеет еще другое, самодовлеющее значение, помимо значения,

обусловленного интересами чисто структурной астрономии. Оно заключается в интересе к межзвездной среде как к новой, до того неведомой форме существования и развития космической материи, в интересе чисто физическом. Эта сто-

рона проблемы, естественно, также подверглась глубокому исследованию, преимущественно в работах астрофизиков. Не входя в подробности, я постараюсь показать, что было принципиально новым в этом случае.

Как известно, в послевоенные годы в восстанавливаемой из руин обсерватории в Крыму Г. А. Шайн разработал вместе с сотрудниками методику фотографирования туманностей в узких спектральных областях, обнаружил в нашей Галактике и в других галактиках множество эмиссионных объектов, установил у диффузных, на первый взгляд аморфных, туманностей характерные структурные особенности, выдвинул и стал решать новую физическую задачу о связи структуры туманностей с действием магнитного поля в межзвездном пространстве. Г. А. Шайн указал на неустойчивость этой категории космических образований, на свойства распада и привел свидетельства в пользу совместного образования ассоциации горячих звезд и диффузной туманности в едином процессе. Многие наблюдаемые факты и особенности находили объяснения в свете этих выводов. А развитие впоследствии представлений о физических процессах в межзвездной среде показало, насколько прогрессивны были идеи и заключения Г. А. Шайна, в частности и особенно то, что он приписал такую большую роль магнитным полям Галактики.

Правда, в тот период результаты изучения космических лучей, данные радиоастрономии, окончательно

входившей тогда в права, наконец, обнаруженная межзвездная поляризация света — все это способствовало формированию представлений о магнитном поле Галактики; общий высокий уровень советской теоретической астрофизики, в частности физики межзвездной среды, облегчили такую трактовку проблемы; но в работах Г. А. Шайна тщательно исследовались факты влияния магнитного поля на поведение межзвездного вещества, т. е. в какой-то степени был найден правильный подход к пониманию, объяснению структурных особенностей Галактики, в частности ее спиральной структуры. Теперь мы все хорошо понимаем, что всякие рассуждения о процессах звездообразования, строения звездного мира и его эволюции без учета магнитных сил могут быть только оторванными от реальности спекуляциями. Значение наблюдаемых фактов для научного потенциала космогонических исследований, если можно так выразиться, весьма велико. Это ясно. Но я это подчеркиваю здесь, чтобы напомнить, что мировая история космогонических исследований даже на современном отрезке времени, когда факты собраны в большом объеме, изобилует множеством примеров отвлеченных, переходящих теорий. Для советской звездноастрономической и астрофизической науки методологически характерным является тесная связь теории с фактами. Эта существенная черта ярко проявилась как в исследованиях межзвездной среды, описанных нами только что, так и в развитии в Бюра-

канской астрофизической обсерватории теории звездообразования, являющейся одним из самых выдающихся достижений советской астрономической науки.

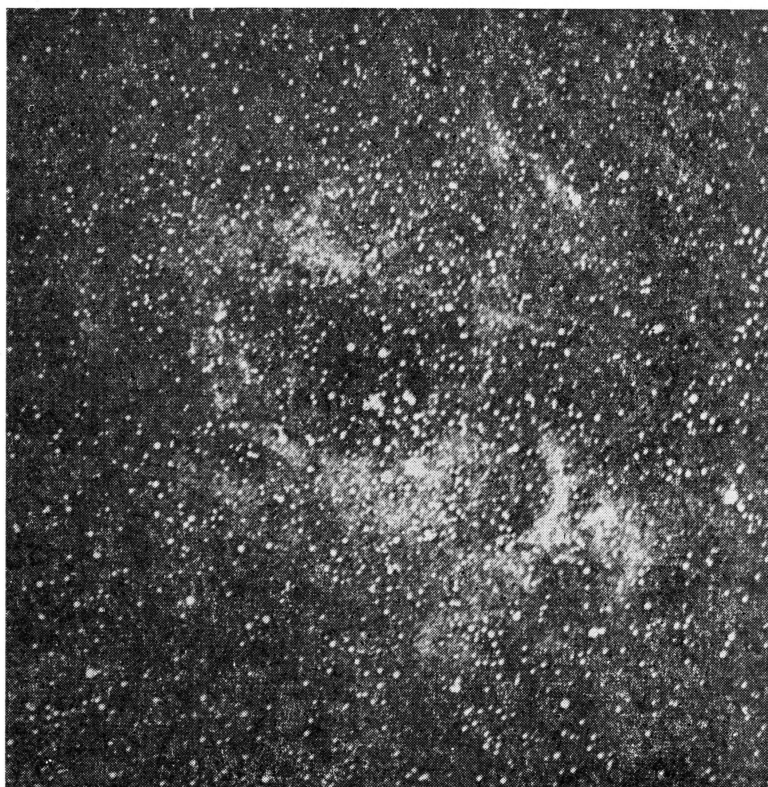
В 40-е годы В. А. Амбарцумян выдвинул новую концепцию о разреженных, неустойчивых, следовательно, наблюдаемых в ранней стадии развития звездных группировках-ассоциациях. Был обоснован вывод о том, что звезды во Вселенной, как правило, образуются группами, распадающимися впоследствии, и что процесс звездообразования продолжается и в нашу эпоху. Это существенное, принципиально важное заключение, подкрепленное в последующие годы многочисленными наблюдениями и исследованиями, оживленно, я бы сказал, со страстным интересом проводившимися в Советском Союзе и во многих астрономических центрах и обсерваториях земного шара, изменило подход к проблемам звездной космогонии. Идейное и методологическое влияние этой концепции оказалось весьма глубоким. Это явилось событием, которое подняло во всем мире такую массу поисков, так стимулировало наблюдения, что, в общем, я, пожалуй, затрудняюсь назвать другой пример в советской звездной астрономии, оставивший столь же глубокий и широкий след в развитии этой науки.

Исследования магнитных полей, особенно в спиральных Галактики, о которых я говорил выше, по времени осуществлялись позже открытия В. А. Амбарцумяна, и их направленность, конечно, тоже испытала влияние этого открытия.

Основные проблемы структурной астрономии также стали решаться в свете той же концепции.

Но, если говорить теперь о структурной астрономии, я должен вернуться к началу 40-х годов и напомнить об исследованиях Б. В. Кукаркина и П. П. Паренаго, пришедших к важнейшему выводу о том, что наша Галактика состоит из ряда взаимопроницающих друг в друга подсистем, обладающих каждая различными кинематическими, физическими, возрастными характеристиками, т. е. весьма различным по природе звездным населением. Это учение о подсистемах в строении нашей Галактики стало рабочей основой исследований строения Галактики методами звездной статистики. Оно и поныне остается таковым.

Эта концепция направила изучение Галактики по более сложным, дифференцированным руслам, но зато как старые, так и новые методы изучения стали в приложении более конкретными и плодотворными. Уместно вспомнить исследования подсистемы красных звезд Я. Я. Икаунiekсом, подсистемы новых и сверхновых звезд И. М. Копыловым и снова исследования Б. В. Кукаркина. Последний привлек внимание к переменным звездам, а именно к их распределению как к мощному средству изучения строения Галактики, и применил к исследованию их распределения в Галактике метод Вашакидзе — Оорта. Как известно, еще в 1937 г. М. А. Вашакидзе в Абастумани предложил эффективный метод определения звездных плотностей в галак-



Звездное скопление в ассоциации Единорог II, содержащее кратную систему типа Трапеции. Из Атласа открытых звездных скоплений различных типов (Б. Е. Маркарян, Бюраканская астрофизическая обсерватория АН Армянской ССР, 1952)

тическом пространстве, нашедший широкое применение и вошедший при этом в курсы звездной астрономии.

Поскольку я упомянул эти курсы, тут же должен добавить, что развитие советской звездной астрономии нашло яркое отражение в ряде важных публикаций, среди них — несколько изданий фундаментального курса Паренаго, два издания известного Пулковского курса, важные монографии К. Ф. Огородникова, Г. М. Идлisa, а также Атласы звездных скоплений и туманностей Б. Е. Маркаряна,

Г. А. Шайна и В. Ф. Газе, В. Г. Фесенкова и Д. А. Рожковского, Д. Ш. Хавтаси, альбом диаграмм К. А. Бархатовой, атлас взаимодействующих галактик Б. А. Воронцова-Вельяминова и др.

Большая проблема структуры Галактики всегда в какой-то мере находится в зависимости от задач внутригалактических расстояний и морфологии и природы галактического ядра. Советские астрономы не прошли мимо этих двух важных задач. Б. А. Воронцов-Вельяминов и И. С. Шкловский предложили способы определе-

ния расстояний до планетарных туманностей. В. Б. Никонов и другие вскрыли строение ядра нашей Галактики с помощью электроннооптического преобразователя. В последующем же ядро стали исследовать радиоастрономическими средствами, что показало сложность его структуры и природы.

Приходится ограничиться одним лишь упоминанием огромного объема скрупулезных исследований галактических скоплений в Пулкове (В. В. Лавдовский и З. И. Кадла) и в Москве (П. Н. Холопов и др.), в Свердловске (К. А. Бархатова), в Бюракане (Б. Е. Маркарян). В Бюракане исследования скоплений развивались в тесной связи с разработкой теории звездных ассоциаций. А в связи с этим уместно отметить, что там же Л. В. Мирзоян исследовал пространственное распределение и кинематику молодых звезд, что позволило ему своевременно указать на необходимость коррекции величины постоянной галактического вращения и привести убедительные свидетельства в пользу расширения и распада звездных ассоциаций. Напомним и исследование А. Ф. Торонджадзе, выполненное в свете тех же идей и указавшее на расширение комплекса звезд, образующих Местную систему.

В Москве сложились представления об обширных коронах вокруг скоплений и о связи между шаровыми и рассеянными скоплениями (П. Н. Холопов).

Советские астрономы интенсивно исследовали статистические диаграммы и зависимости. Они много сде-

лали для усовершенствования диаграммы Герцшпрунга—Рессела путем многократных, целеустремленно направленных ревизий и пересмотров на основе пополнявшейся информации. Было установлено, что эта знаменитая диаграмма спектр—светимость, играющая такую большую роль в звездно-астрономических, астрофизических и космогонических исследованиях, на самом деле является более сложной, более разветвленной, чем это представлялось в пер-

вые десятилетия ее приложений.

Теперь обратимся еще к одному из главных вопросов структурной астрономии — к спиральному строению нашей звездной системы — Галактики. Объяснению спирального строения Галактики посвящают ныне свои исследования и советские астрономы, и ученые других стран. Советские радиоастрономы интерпретировали новые данные в свете двухрукавной модели. Но теперь двухрукавную мо-

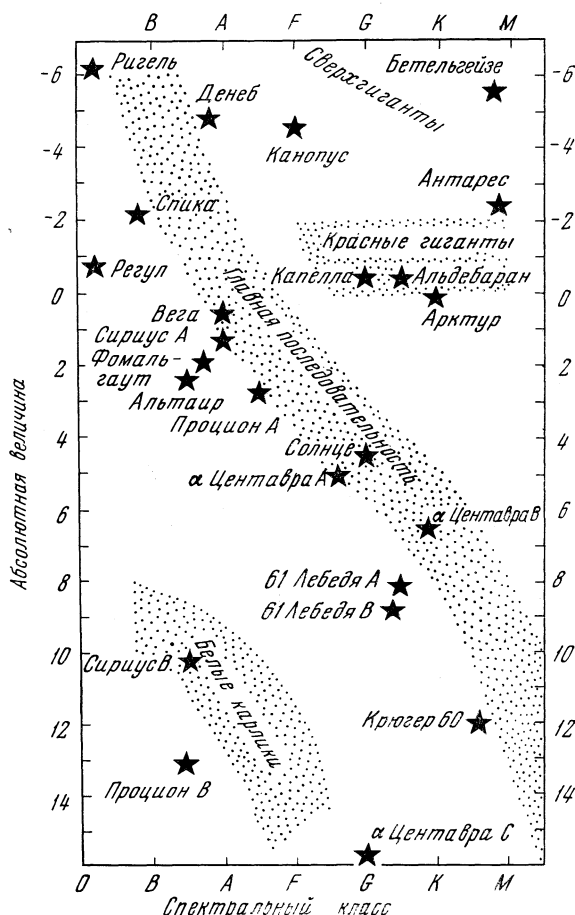


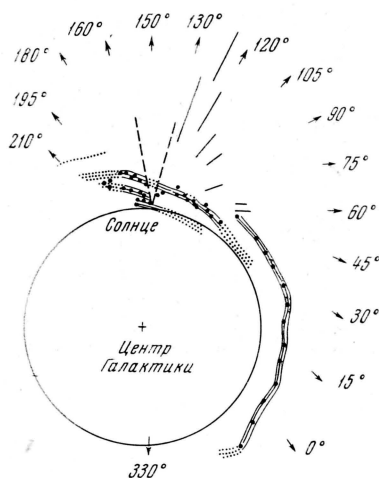
Диаграмма Герцшпрунга—Рессела, составленная по большому количеству звезд, расположенных в окрестностях Солнца. Для нескольких отдельных звезд указаны их места на диаграмме

дель вытесняет многорукавная схема Галактики, чему немало способствовало создание новой классификации галактик по внешней форме на основе данных Ж. Вокулера, А. Сендиджа за рубежом, и Б. А. Воронцова-Вельяминова у нас. Радиоастрономические исследования Ю. П. Псковского и других, исследования А. С. Шарова, Е. Д. Павловской говорят в пользу многорукавной схемы, при которой получают объяснение также и некоторые важные детали структуры центра Галактики, связанные с распределением межзвездного водорода в нем. При любой схеме спиральной структуры большое значение имеет возможность найти теоретическое объяснение ее происхождения. Весьма важны исследования советского астрофизика С. Б. Пикельнера, посвященные именно этой стороне проблемы. Они основаны на учете магнитных сил и дифференциального вращения Галактики. Очень возможно, что многорукавная схема

также является упрощением реальной сложной вихреобразной структуры, тогда тем большее значение приобретают эти теоретические исследования на магнитогидродинамической основе.

Поскольку мы затронули вопрос о радиоастрономических исследованиях советских астрономов, то уместно отметить как отрядный факт, что советские радиотелескопы стали доставлять звездной астрономии немало важный наблюдательный материал.

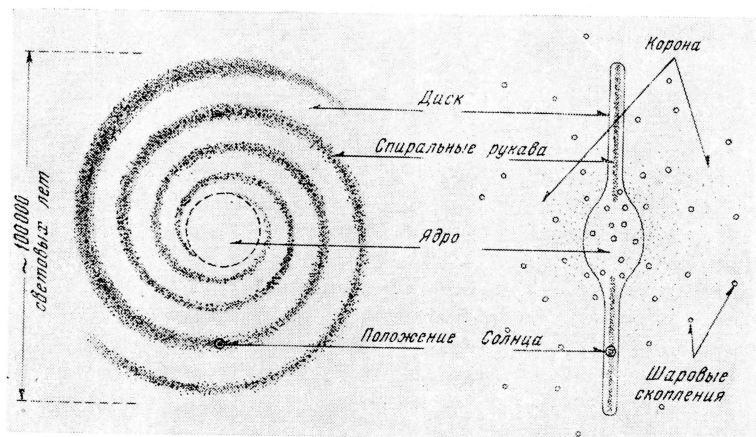
Построена карта распределения водорода в части Галактики, наблюдаемой с северных обсерваторий. Она выявила новые характеристики, дополняющие известные по голландским и австралийским исследованиям данные о распределении газа, показывающие, что распределение водорода заметно отклоняется от плоского. Эти факты важны хотя бы в связи с принятой недавно системой галактических координат, основанной на упомянутых голландских



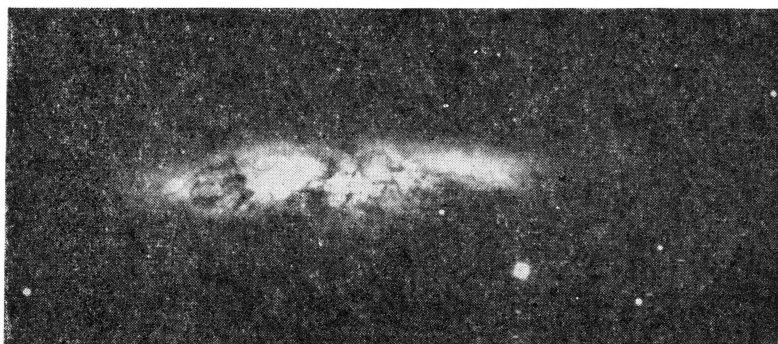
Спиральная структура Галактики, как ее выявили первые радиоастрономические наблюдения

и австралийских исследованиях.

В Советском Союзе успешно развиваются в радиоастрономии также и чисто теоретические исследования, которые сильно влияют на направление поисков решений задач галактической астрономии. Следует помнить, что возможность наблюдения линии 21 см была исследована и показана И. С. Шкловским, и им же были предложены пути и способы использования таких наблюдений в астрофизических и звездноастрономических целях. Им была вычислена вероятность перехода для этой линии и теоретически рассчитана возможная интенсивность излучения. После этого радиолинию водорода на волне 21 см обнаружили в США, Голландии, Австралии. Переоценить же значение богатейшей информации, доставленной наблюдениями на волне 21 см, никак нельзя.



Схематическое представление Галактики. Слева — Галактика в проекции на галактический экватор; справа — вид с ребра



Внешняя галактика М 82 со следами взрывов в ее ядре

В звездной астрономии всегда занимал значительное место раздел, посвященный внешним галактикам. Исследования внешних галактик, присущего им разнообразия, попытки эволюционно связать их в том разнообразии немало способствовали разработке взглядов на строение и развитие самой нашей Галактики. У нас, в Советском Союзе этот раздел, особенно в его наблюдательной части, некоторое время пользовался меньшим вниманием. Этому мы могли бы найти объяснение. Положение резко изменилось за последние два десятилетия, и теперь успехи в этой области столь внушительны, что они вполне заслуживают освещения в специально им посвященном докладе. Мы все же попытаемся дать здесь самую краткую характеристику важнейшего из достигнутого в этой области.

Важнейшим, принципиально новым явились в последнее время идея, а затем наблюдательное подтверждение того, что в этих гигантских звездных системах, в их ядрах, в ядрах галактик происходят внезапные каче-

ственные изменения, напоминающие колоссальные взрывы. Развитию и подтверждению такого взгляда способствовали исследования большого разнообразия галактик, их скоплений, наконец, взаимодействий между галактиками. Б. А. Воронцову-Вельяминову принадлежат обширные исследования морфологии и взаимодействий между галактиками. В. А. Амбарцумян привлек внимание исследователей большой Вселенной к кратным галактикам с близкими друг к другу компонентами, к фактам, свидетельствующим об их общем происхождении, об их неустойчивости. Статистические соображения, развитые им же, отвергли гипотезу столкновений галактик, господствовавшую в зарубежном мире. Этим был начат совершенно новый этап в исследованиях галактик — этап, на котором исследования продолжали развиваться под сильным влиянием идеи об активной роли ядер в эволюции галактик, идеи, развиваемой в Советском Союзе, в Бюраканской астрофизической обсерватории. Конечно, открытие ра-

диогалактик зарубежными астрономами имело огромное значение для такого направления исследований, но примечательно, что общепринятая теория, объясняющая механизм радиоизлучения галактик, сложилась также в Советском Союзе.

Доказательство выброса больших масс газа из ядра проливает новый свет и, возможно, сулит совершенно новое объяснение общей структуре галактик, в частности структуре и на той эволюционной стадии, на которой находится собственно наша Галактика. Конкретнее говоря, новое объяснение могут найти и факт подсистемного строения нашей Галактики, и образование ее спиралей.

Но я хочу еще раз подчеркнуть и то известное обстоятельство, что новые явления в мире галактик, на которые сделаны указания в Бюракане, а также количественные расчеты освобождаемых энергий при взрывах в ядрах и т. п. приводят к важному в познавательном отношении выводу о вероятности существования в окружающем нас мире физических процессов, существенно отличающихся от тех, которые известны нам из современных законов и теорий механики, физики и астрофизики, наличия более глубоких свойств материи. И мы вправе утверждать, что советские ученые силой своих идей, смелой интерпретацией наблюдаемых фактов подняли учение о Галактике, о галактиках, о Вселенной на новую высоту, достойную той великой роли, которую играет передовая советская наука, отмечающая ныне 50 лет своего развития.



ПЕРЕМЕННАЯ ЗВЕЗДА С САМЫМ КОРОТКИМ ПЕРИОДОМ

Польский астроном Ю. Смак измерил период колебания блеска слабой звезды 14-й звездной величины в созвездии Гончих Псов. Оказалось, что звезда меняет свой блеск с периодом всего лишь 18 минут. В течение каждого цикла кривая блеска проходит два максимума и два минимума несколько различной глубины. Амплитуда колебаний блеска невелика — несколько сотых долей звездной величины. «Information Bulletin on Variable Stars», 182.

НОВОЕ О ЦЕФЕИДАХ

Как известно, звезды, находящиеся в одном скоплении, имеют приблизительно одинаковый возраст. Сравнивая между собой различные скопления, можно судить об эволюции входящих в них звезд. Проведенный советскими астрономами Ю. Н. Ефремовым и И. М. Копыловым анализ данных о цефеидах, расположенных в различных звездных скоплениях, позволил выяснить некоторые вопросы развития этих интересных звезд, периодически меняющих свой блеск. Результаты показывают, что цефеидами бывают, вероятно, все массивные звезды на определенном этапе своего развития. Став сверхгигантами, эти звезды проводят на стадии цефеиды 10—20% своей жизни, причем цефеидами они становятся неоднократно, несколько раз в процессе своей эволюции. «Известия Крымской астрофизической обсерватории», 34, 1967.

КОГДА ВСПЫХНУЛА СВЕРХНОВАЯ?

Один из самых ярких радиоисточников на небе — Кассиопея А — связан, как известно, с системой газовых волокон. образо-

вавшихся после взрыва сверхновой звезды. Дату ее вспышки, возможно, позволят уточнить корейские летописи, согласно которым в той области неба, где сейчас находится радиоисточник, наблюдалась с декабря 1592 по март 1593 г. «звезда-гостья». Интересно, что дата вспышки сверхновой, определенная по движению газовых конденсаций, приходится приблизительно на 1700 г. Если в корейских литературных источниках речь идет действительно об этой сверхновой, то, вероятно, расширение системы газовых волокон происходит ускоренно. Ускорение расширения остатка сверхновой наблюдается и у Крабовидной туманности, образовавшейся в 1054 г.

«Information Bulletin on Variable Stars», 192.

ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЛУНЫ

Иногда при наблюдениях Луны некоторые места на ее поверхности оказываются в красном свете более яркими, чем обычно. Принято считать, что причиной является люминесценция: метеоритная пыль, неравномерно распределенная по лунной поверхности, в определенных условиях излучает красный свет при воздействии на нее протонов и электронов, испускаемых Солнцем во время вспышки.

Однако расчет показывает, что энергия потока частиц, выбрасываемых Солнцем при вспышках, слишком мала, для того чтобы производить заметный эффект. Недавно К. Сун и Ю. Гонсалес (США) высказали предположение, что рассматриваемое явление может быть связано с термолюминесценцией. Дело в том, что поверхность Луны охлаждается ночью приблизительно до -150°C . Большинство материалов, люминесцирующих под действием протонов или электронов, будучи охлажденными до такой температуры, не излучают свет непосредственно во время бомбардировки, а накапливают энергию частиц в очень тонком поверхностном слое толщиной в несколько сот ангстрем. При нагревании накопленная энергия освобождается в виде люминесцентного света, давая при некоторых температурах максимумы в тех или иных длинах волн. Так, образцы некоторых ме-

теоритов, а именно энстатитовых ахондритов, — к которым, как полагают, наиболее близка по своим свойствам метеоритная пыль на Луне — особенно интенсивно излучают зеленый свет при -112° , 5° , 105° и 200°C , а красный при -2°C . За ночь, продолжаясь на Луне около 14 суток, ее поверхность, возможно, успевает накопить большое количество энергии, приносимой частицами солнечного ветра. После восхода Солнца температура лунной поверхности увеличивается очень быстро ($4,5$ в минуту), и около 10% всей накопленной энергии излучается приблизительно за 1 час (это соответствует расстоянию по долготе от линии терминатора около $0,5$). Поэтому вблизи терминатора люминесцентный свет должен быть по интенсивности одного порядка с отраженным солнечным светом, и было бы крайне интересно попытаться обнаружить его.

«Nature», 212, 5057, 1966.



ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА В ВЕРХНИХ СЛОЯХ ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ

Наблюдая покрытия лунных кратеров краем земной тени во время затмений Луны, можно определить радиус тени Земли. Он всегда оказывается больше геометрического. Для объяснения этого эффекта чешский астроном Ф. Линк предположил существование поглощающего слоя на высоте 100—150 км, оптическая толщина которого по вертикали 0,025—0,05.

Во время полета «Джемини-9» американские космонавты Ю. Сернан и Т. Стаффорд получили весьма интересные фотографии Земли, окайменной полярным сиянием, на фоне звездного неба. Тщательное изучение этих фотографий позволило сделать заключение о том, что поглощающий слой на высотах более 30 км практически отсутствует. Во всяком случае, его оптическая толщина по вертикали не превышает 0,0015.

«Nature», 211, 5056, 1966.

ОТКРЫТИЯ В ОКЕАНАХ

А. С. МОНИН,
профессор
И. М. БЕЛОУСОВ,
кандидат географических наук

Эпоха великих открытий в океане началась в середине нашего века. Она продолжается и сегодня. Глубинные течения и огромные хребты, сотни видов животных и тысячелетия истории Земли стали добычей ученых. О роли советских ученых в развитии океанологии рассказывается в статье директора Института океанологии АН СССР А. С. Монина и научного сотрудника этого института И. М. Белоусова.

В 1917 г. в Петрограде вышла в свет книга под названием «Океанография». Автор ее — выдающийся русский ученый, впоследствии почетный член Академии наук СССР Ю. М. Шокальский. Цель этого труда, ставшего классическим, — «описать явления, происходящие в океане, и вместе с тем дать картину их взаимодействия, чтобы читатели могли получить представления о том большом значении Мирового океана для земного шара, какое он имеет в природе». Книга, содержащая 600 страниц, в основном посвящена описанию вод океана — их температуре, солености, течениям, волнению, приливам. Основные выводы, сделанные на основе анализа данных, сводились к нескольким положениям: течения в океане образуются в результате воздействия ветра, приливы возникают под влиянием сил притяжения Луны и Солнца, температура воды зависит от солнечной радиации. Это главное. С таких общих положений начиналась советская океанология.

ДЕКРЕТ В. И. ЛЕНИНА

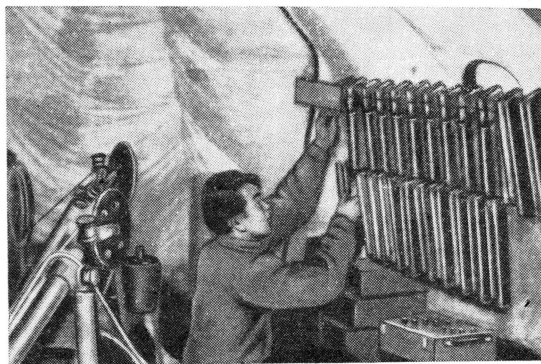
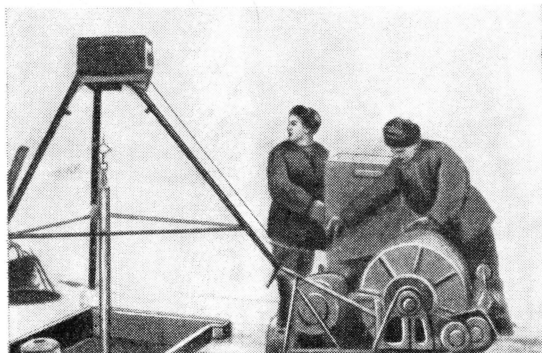
Первый этап развития советской океанологии связан с небольшой парусно-моторной шхуной «Персей». Образованный по декрету, подписанному В. И. Лениным в 1921 г., плавучий морской Институт начал с 1923 г. работы в Баренцовом море. Небольшая ручная лебедка, батометры Нансена, несколько сетей и тралов для биологических сборов на малых глубинах незамерзающего полярного моря — вот что имели молодые исследователи, ставшие впоследствии всемирно известными учеными.

С 30-х годов расширились работы на советском севере. Люди, ледоколы, самолеты выполняли трудную, недавно казавшуюся фантастической задачу — превращение Великого северного морского пути в постоянно действующую магистраль. Основная трудность — льды. Необходимо было изучить закономерности их движения, образования, их свойства. На полярных станциях велись наблюдения за уров-



Так выглядит обложка отечественной «библии» океанологов, которая написана в те годы, когда почти ничего не было известно о километровых толщах воды и скрытом под ними дне океана

нем моря, температурой и соленостью воды. Первая в мире дрейфующая полярная станция «Северный полюс» начала в 1937 г. сбор океанологических данных на «вершине мира». Начальник станции И. Д. Папанин и его



Работа океанологов на станциях «Северный полюс» — тяжелый физический труд. С помощью лебедки уходят в глубины холодного океана приборы. А потом надо снять показания и отобрать пробы с замерзающих приборов. В палатке лаборатории уже немного легче, руки не примерзают к металлу

соратники П. П. Ширшов, Е. К. Федоров, Э. Т. Кренкель впервые получили сведения об океане в районе Северного полюса. В сложнейших условиях вынужденного дрейфа открывали тайны океана полярники на ледокольном пароходе «Георгий Седов».

АКАДЕМИЯ ШАГАЕТ В ОКЕАН

Становилось яснее, что все особенности океана — циркуляция вод, их химический состав, население, состав донных отложений, прозрачность воды — тесно связаны друг с другом. Чтобы узнать, какова эта связь, чем она вызвана в том или ином случае, мало отдельных разрозненных наблюдений. Требовались специально поставленные работы, новая техника, разработка новых методик. Для изучения океана как единого целого в Академии наук СССР создается Институт океанологии под руководством академика П. П. Ширшова. А в 1949 г. вступает в строй специально оборудованное для океанологических исследований экспедиционное суд-

но «Витязь». С этого момента, с выхода «Витязя» в свой первый рейс по северо-западной части Тихого океана, началась **современная** океанология.

Настало время, когда наука об океане перестала быть описательной, географической, лишь регистрирующей факты и робко переходившей к обобщениям собранных наблюдений. Обнаруживаемые явления находили свое место в общем ряду закономерностей, действующих в Мировом океане. Наступила эра, когда основой дальнейшего развития науки об океане стали комплексные физические, химические, биологические и геологические исследования. В результате такого подхода В. Г. Богорову после многолетней работы удалось установить количественную зависимость между, казалось бы, весьма разнородными факторами. Выяснилось, что состав донных отложений на многокилометровых глубинах зависит от развития растительного планктона в поверхностных слоях воды и от течений, а интенсивность различных процессов в океане связана с величиной солнечной ра-

диации, а следовательно — с широтой места. Наличие широтной зональности прослеживается в распределении животного мира в океане и составе осадков.

ОТКРЫТИЯ НА ДНЕ ОКЕАНА

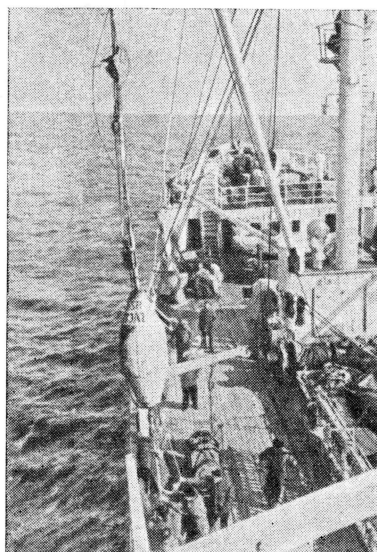
С самого начала комплексных исследований большое внимание уделялось дну океана. Малое количество данных и их противоречивость требовали детального изучения его рельефа. Сведения о нем тем более необходимы, так как при очень малой скорости осадконакопления на значительных пространствах рельеф сохраняет все «раны и шрамы», нанесенные поверхностью Земли глубинными тектоническими процессами. Рельеф дна океана — лицо тектонических сил.

Карта маршрутов «Витязя», «Оби», «М. Ломоносова» наглядно показывает, какие обширные районы океана обследованы советскими судами. Открытие многочисленных подводных вулканов, подводных валов, сложнорасчлененного строения котловин в Тихом океане позволило впервые соста-

Как работают в море? Можно рассказать о приборах, как ими работают, какой материал получают. Но настроение людей, постоянную взаимную помощь, тяжесть работы и радость, когда наверх невредимым возвращается любимый прибор (не оборвался! не пропал!), надо почувствовать. Фотографии в какой-то степени могут этому помочь.

Вот судно остановилось, и за борт идет огромный буй. Уже лежит на морском дне тяжелый стальной якорь. Вверх от него тянется трос с подвешенными приборами для изучения течений. Венчает это грандиозное сооружение (высота его несколько километров!) пенопластовый буй с надписью «СССР Витязь». Высокая штанга с металлическим отражателем поможет радиолокатору отыскать буй на расстоянии в несколько миль.

Младший «брат» морского буя — метеобуй. Младший и по размерам и по возрасту. Построен совсем недавно. К его мачте подвешены приборы для наблюдения за ветром и влажностью на разных высотах от поверхности воды. Результат — уравнения, раскрываю-



щие процесс взаимодействия между поверхностью океана и приводным слоем атмосферы.

Когда судно «освободилось» от свободно плавающих приборов, наступает очередь «тяжелой» техники. Огромная труба отправляется за добычей на дно океана.

Скрипит трос, проходя через блоки, рвет лебедка, вырывая добычу океанского дна — геологи радуются. Еще одна колонка донных отложений попала в лабораторию. Ее выталкивают из трубки, режут, составляют описание, набивают стеклянные трубочки, большую

вить его тектоническую карту, показывающую основные типы земной коры и направленность ее эволюции. Открытие огромного Восточно - Индоокеанского хребта с примыкающим к нему желобом, и также ряда других хребтов и гор в восточной части Индийского океана показало, что этот район весьма сложен и интересен для понимания происхождения всего океана в целом. Подобные же исследования западной части Индийского океана привели к выводам, положенным в основу исследований дна океана по проекту изучения верхней мантии Земли. Установлено, что Мальдивский хребет не относится к системе срединно-океанических хребтов, а Аравийско-Индийский хребет продол-

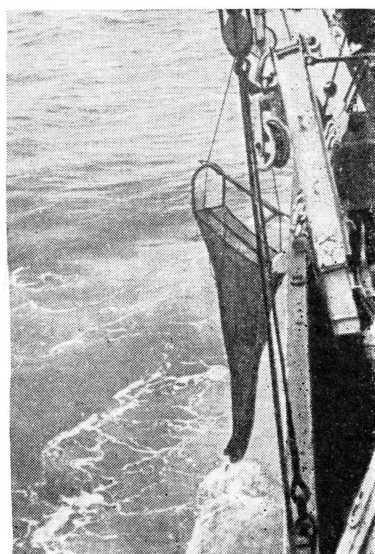
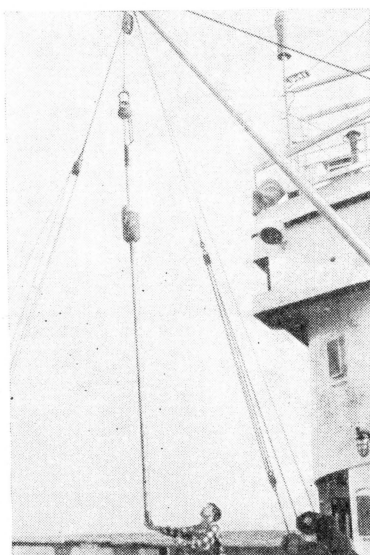
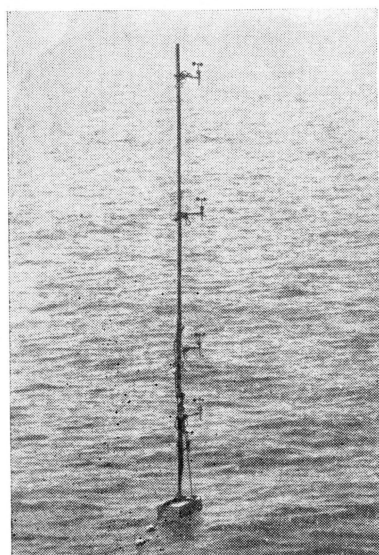
жает эту систему в северной части океана. Из его рифтовой зоны удалось поднять на борт породы, которые, по всей видимости, могут рассматриваться, как принадлежащие к верхней мантии Земли. Если это так, то в руках ученых оказался принципиально новый факт — в рифтовой зоне, образующейся в результате растяжения земной коры, верхняя мантия подходит непосредственно к поверхности дна океана.

ЛЕТОПИСЬ РАСКРЫВАЕТ СТРАНИЦЫ

В наше время ученые для сбора донных отложений уже не довольствуются узкой короткой трубкой, подвешенной на конце троса для измерения глубин.

Только такие пробы (длиной, как правило, не больше одного метра) могли добывать ученые со дна моря в 20-х годах нашего века. А для анализа собранных образцов ничего, кроме обычного микроскопа и тривиальных методов механического анализа, не существовало. Сейчас «летопись Земли» — донные отложения — читается с применением новейшей техники. А сами образцы достигают в длину более 20 м. Не менее интересны и наблюдения поверхности дна. Уже неоднократно публиковались сообщения о россыпях железомарганцевых конкреций, покрывающих значительные пространства дна океана. На очереди стоит создание теории их образования.

Установлено, что проис-



часть отправляют в сушильные шкафы — готовят материал для дальнейших, часто многолетних исследований.

А на корме уже приготовлен к спуску трал. Именно он доставил погонофор и сотни других неизвестных животных. Из его мешка

сыпались на палубу первые железо-марганцевые конкреции из глубин Тихого океана. Этим тралом проведено в 1957 г. первое внедрение на максимальные глубины в Марианском желобе. Каждый новый трал — праздник. И не только для биологов или геологов:

посмотреть на добычу, поднятую тралом, сбегается вся экспедиция.

А за кадром осталось многое. Огромная ихтиологическая сеть диаметром 5 м и батометры объемом 200 л, гидрологические приборы и фотоустановки, и многое, многое другое

хождение плоских, гладких, как стол, равнин в прилегающих к материкам районах океанского дна связано с потоками взвешенных веществ, поступающих с окраин материков. Эти своеобразные «реки» засыпают и выравнивают морское дно. В северной части Аравийского моря толщина осадочного слоя, образованная потоками взвешенных веществ, достигает 2,5 км.

Судя по результатам палеомагнитных определений в колонках донных отложений, можно предположить, что во второй половине четвертичного периода произошло изменение намагниченности полюсов Земли. В моменты смены полюсов усиливалось проникновение к земной поверхности космических лучей. Этим мож-

но объяснить смену видового состава фораминифер, диатомовых и других организмов, синхронную моментам перемагничивания. Высказанное положение требует, конечно, тщательной проверки, но уже сейчас может быть принято в качестве рабочей гипотезы.

Другой пример важности изучения донных отложений. В результате стратиграфического расчленения и палеобиологического анализа осадков удастся выделять климатические циклы, происходившие в четвертичное время. А анализ спор и пыльцы в осадках дна Антарктики позволил фактически восстановить облик теплого и зеленого материка Антарктиды, каким он был в третичном периоде.

Многолетние исследова-

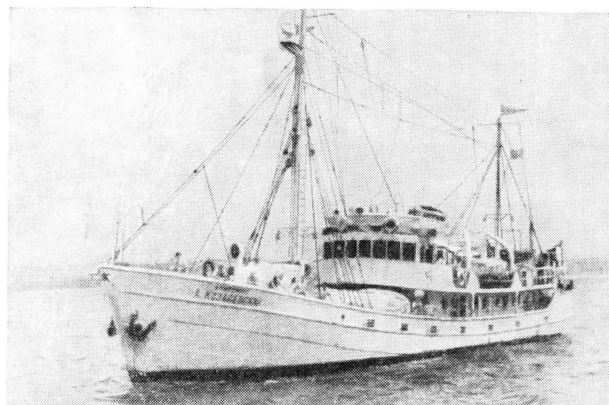
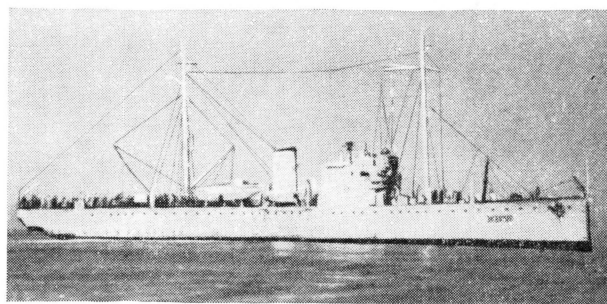
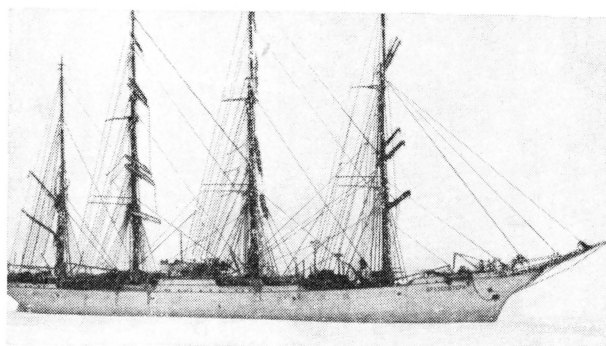
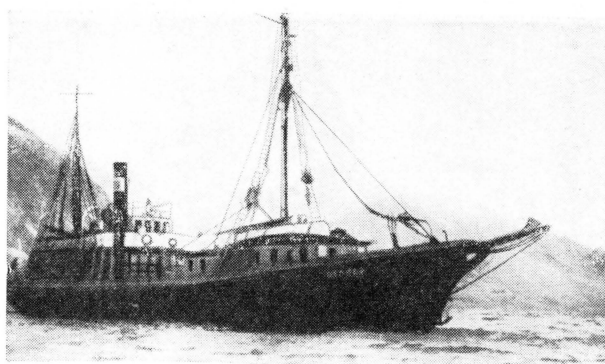
ния дна океана позволили советским ученым под руководством П. Л. Безрукова составить уникальные геологические карты дна Мирового океана, которые будут положены в основу всех дальнейших морских геологических исследований. Таким образом, морская геология, о существовании которой как самостоятельной области знаний известный советский ученый М. В. Кленова заявила на XVII Геологическом съезде в 1937 г., получила твердую базу для своего развития.

Успехи науки в изучении дна Мирового океана позволяют уже сегодня говорить о возможности выяснения истории Мирового океана на основе обобщения геологических, геохимических и биологических данных.

КАПРИЗЫ ВОДЯНОЙ ШУБЫ

И все же изучение дна океана — дело гораздо более легкое, чем исследование водной толщи. В самом деле, за короткое время человеческой истории дно океана изменяется в огромной своей части медленно и незаметно. Вода же, находящаяся в постоянном вертикальном и горизонтальном движении, вызываемом циркуляцией атмосферы, вращением Земли, приливообразующими силами Солнца и Луны, дном океана, конфигурацией материков и островов, режимом меняющейся температуры и солености и еще десятками других причин, задает исследователям сотни загадок. А если их не решить, то так и не будут выяснены закономерности, позволяющие дать хотя бы краткосрочный прогноз ожидаемых в море условий — скорости, направления, размещения течений, погоды, мест скопления рыбы, навигационных условий на разных глубинах. А это значит, что океан так и останется непонятым и неосвоенным.

Но учеными и в этой области сделано уже очень много. Известный советский ученый В. Б. Штокман еще в 1948 г., проанализировав данные о межпассатном противотечении, создал математическую теорию его образования, которая позволила понять причины появления противотечения и объяснила наблюдаемые закономерности. Так было положено начало применению строгих математических методов для объяснения гидрологических процессов.



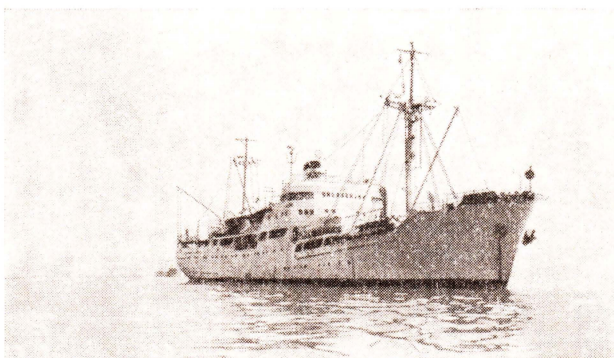
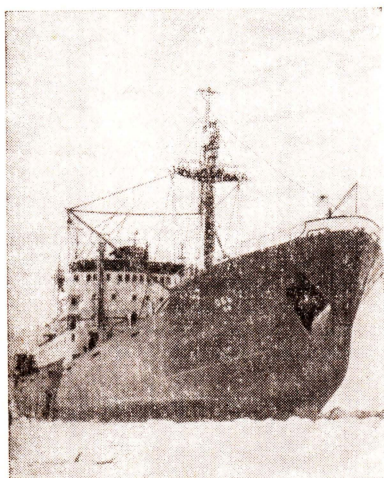
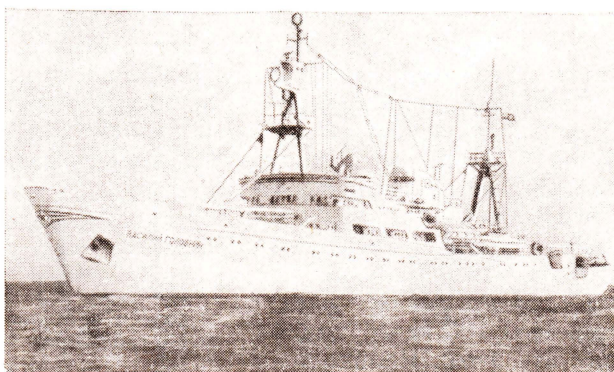
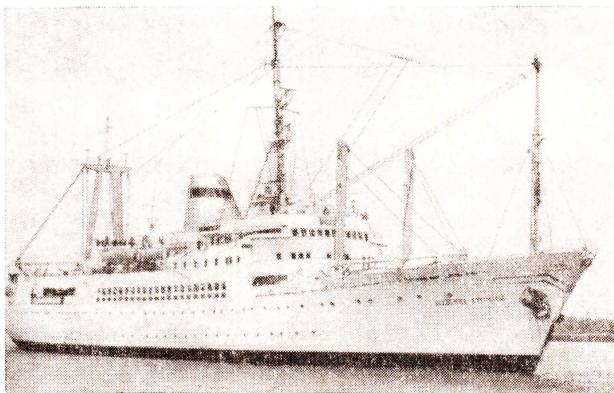
Создатель Морского гидрофизического Института академик В. В. Шулейкин в вышедшей из печати в

Эскадра, уходящая в историю. Пионер «Персей». Сейчас даже трудно себе представить, как такой кораблик выходил один в ледяное море. Чем-то древним веет от него. А ведь со времени его работы прошло всего 30 лет. Но и в наше время есть работа для парусных судов. Огромный корабль «Крузенштерн» привез во время Международного геофизического года немало ценнейших материалов из атлантических глубин. Там же до самого последнего времени работал и ветеран «Экватор».

За кормой небольшого суденышка «Академик А. Ковалевский» лежат десятки тысяч миль, пройденных в научных поисках. Черное и Средиземное моря, Красное море и Аденский залив, Мексиканский залив и Карибское море — везде останавливался для проведения океанологических станций маленький кораблик Института биологии южных морей АН УССР.

Об «Оби» и «Ломоносове» написано не мало. Они не нуждаются в дополнительном представлении. Посмотрите на карту (вклейка к стр. 50) — этого достаточно.

А вот и новые исследовательские суда — «Василий Головин», «Николай Зубов» и красавец-богатырь «Академик Курчатов». За ними будущее. О них мы еще услышим



1933 г. «Физике моря» обобщил накопленные факты с точки зрения физических законов. Таким образом, большая часть описательного раздела океанологии — гидрология — была переведена на рельсы современной физической науки.

В последнее десятилетие интенсивные наблюдения на всех морях и океанах, углубленные исследования обнаруженных явлений во многом развили гидрофизику. Например, обнаружено, что движение вод и в глубинных слоях происходит достаточно интенсивно. В «нижних этажах» океана течения часто имеют направление, противоположное тому, в котором движутся воды на поверхности. Так, советскими исследователями открыты в Атлантическом и Индийском океанах подповерхностные экваториальные течения, аналогичные течению Кромвелла в Тихом океане. Но открытие течения на какой угодно глубине является лишь фиксацией нового, очень важного, чрезвычайно существенного факта — течение в данный момент времени существует. Но почему? Каким силам оно обязано своим существованием? Очень трудно получить ответ. Необходимо создание теории расчета глубинной циркуляции. Сразу проблему не решить. Нужно проанализировать многочисленные факты, оценить результаты их взаимодействия. А затем поставить и обработать сотни и тысячи тщательно выполненных экспериментов, чтобы на их основе попытаться разработать удовлетворяющую условиям природы теорию.

Опыты проводились на

Черном море и в Тихом океане. Ради постановки нужного опыта работает «Витязь» в Аравийском море, «М. Ломоносов» — в Атлантическом океане.

Большие успехи достигнуты в изучении горизонтальной турбулентности. Ведь движение воды может иметь весьма разнообразные размеры — от сотых долей миллиметра до тысяч километров. Малые масштабы движений изучаются путем наблюдения поведения окрашенного облака примесей, более крупные — наблюдениями за разномасштабными предметами из одного места — бутылок, буйков, листов бумаги. А затем эти наблюдения обобщаются в уравнениях, выявляются закономерности, планируются новые опыты — увеличиваются знания.

Главная причина горизонтального перемещения вод — ветер. Как и в каком количестве передается энергия ветра воде? Измерения поставить очень сложно. Тонкие автоматические при-

боры требуют постоянного внимания в течение многих суток. Но и здесь получены результаты. Начинает становиться понятным механизм взаимодействия океана и атмосферы. В настоящее время усилия ученых направлены на измерение характеристик взаимодействия между океаном и атмосферой и проведение численных экспериментов для выяснения взаимных связей между ними.

ОДНА ИЗ СЕНСАЦИЙ ВЕКА

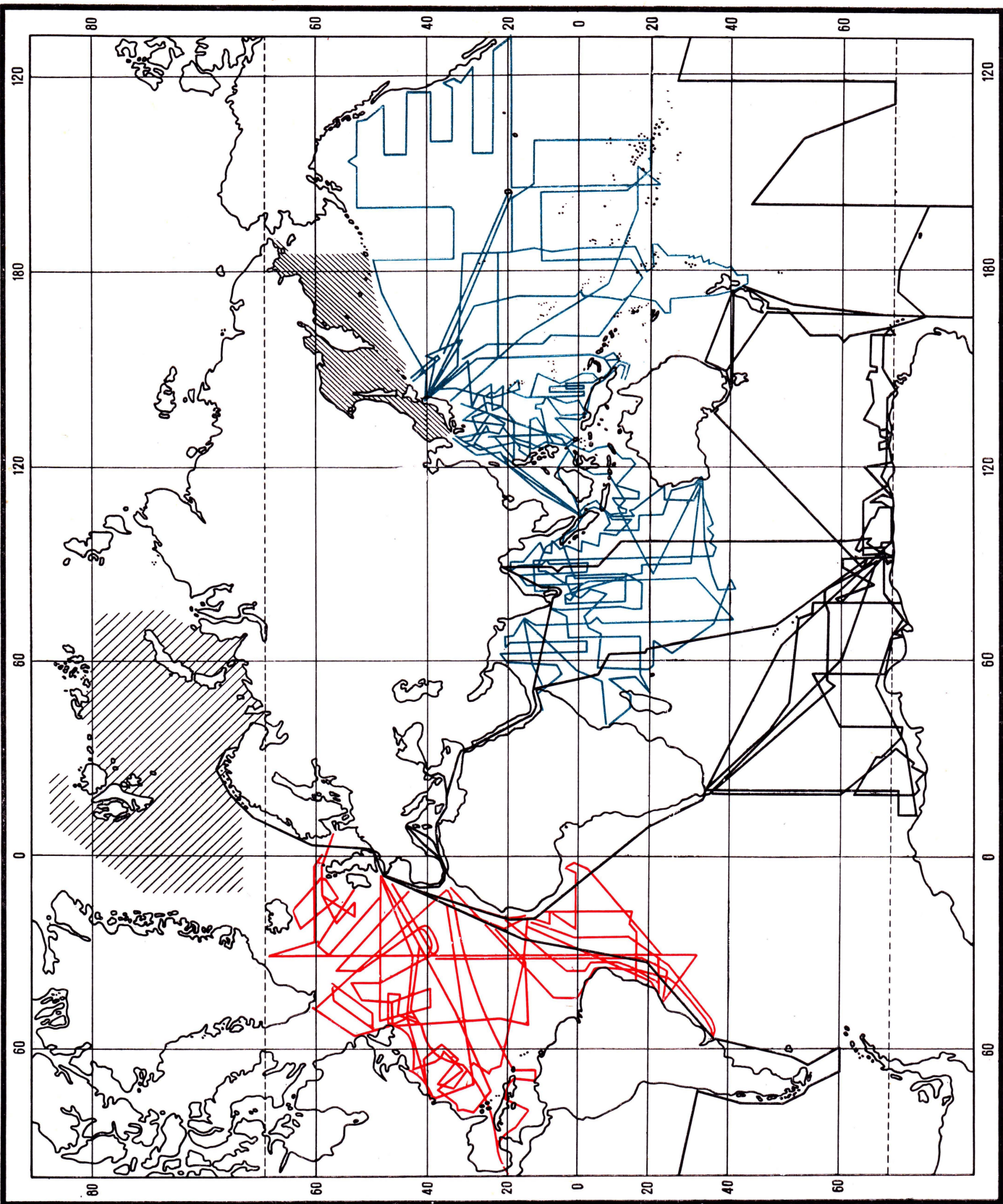
В тесной зависимости с движением, температурой и составом вод находится животный мир океана, и в первую очередь растительный планктон. На основе применения радиоактивного углерода удалось разработать методику, позволяющую определить темп увеличения биомассы фитопланктона — первичную продукцию. Температура воды, наличие биогенных элементов, кислорода, количество световой энергии — вот некоторые из

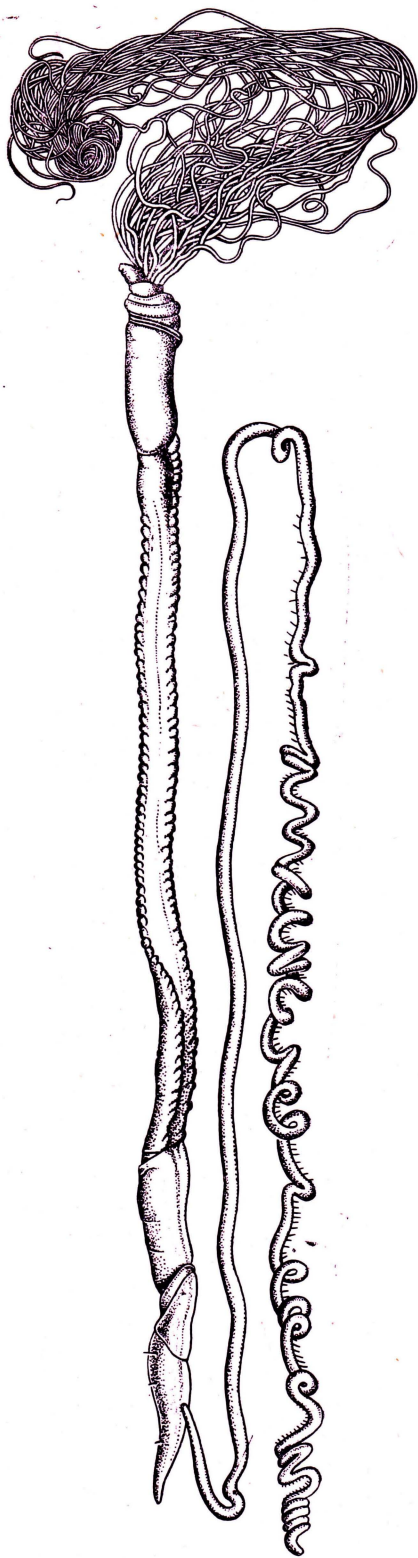
Перед вами маршруты некоторых рейсов наших крупнейших исследовательских судов. Во время ледовых походов дизель-электрохода «Обь» ученые собрали ценный материал по гидрологии, химии, биологии, рельефу дна, донным осадкам и метеорологии в районе, совсем недавно считавшемся недоступным для работы ученых. Но собранным материалам составлена вся морская часть изданного недавно «Атласа Антарктики».

Маршруты «Витязя» проходят по огромным пространствам Тихого и Индийского океанов. 42 рейса проведено на этом всемирно известном плававшем институте. И каждый из них доставлял науке бесценный груз открытий. Новые сведения о верхней мантии и земной коре, рельефе и геологии дна, магнитном поле и тепловом потоке, новых течениях и загадочных обитателях океана — неполный перечень постоянной добычи «Витязя».

«Вотчина» «Михаила Ломоносова» — Атлантический океан. Новейшие геофизические приборы и вычислительная техника помогают ученым в изучении запутанной картины движения вод. Крупной наградой за труды было открытие экваториального противотечения Ломоносова. Но главное — законы перемещения вод. Изучение их — основная задача ученых Морского гидрофизического института АН СССР.

На вклейке черными линиями обозначены маршруты «Оби», красными — «Михаила Ломоносова», синими — «Витязя». Плотной штриховкой обозначен район первых пяти лет работы «Витязя», редкой штриховкой обозначен район работы «Персея».





многочисленных факторов, влияющих на развитие мельчайших одноклеточных водорослей. Выяснилось, что в океане благоприятные условия для массового роста водорослей существуют всего на 10—15% его площади. А это означает, что и промысловые скопления морских рыб могут обнаруживаться только на ограниченных участках. Отсюда ясно, насколько важно хорошо знать условия, способствующие увеличению первичной продукции, заблаговременно определять районы и время массового развития фитопланктона. На помощь приходят и математические методы, и новая техника исследований, и постановка экспериментов, и многое другое. Все это поможет создать количественную теорию динамики популяции планктона и основ прогноза для рыбоводства. По подсчетам В. Г. Богорова, общая биомасса водорослей в океане составляет $1,7 \cdot 10^9$ т, а животных — $32,5 \cdot 10^9$ т.

Говоря о достижениях морской биологии, нельзя не упомянуть о выдающемся открытии — обнаружении нового типа животного мира — погонофора. Оно оказалось возможным в результате массовых сборов обитателей дна океана на больших глубинах, выполненных на «Витязе» в северо-западной части Тихого океана. Тонкие трубочки дли-

ной от 1—1,5 см до 1,5 м, а внутри своеобразное животное, родственное хордовым. Никакого пищеварительного аппарата. Венец щупалец, захватывающих добычу, от которого питательные вещества поступают непосредственно в систему кровообращения. Никто даже предположить не мог, что в XX веке можно обнаружить новый тип животного царства. Не класс, не отряд, не семейство, а целый тип!

ВНИМАНИЕ! ИДЕТ СЪЕМКА!

Чрезвычайно интересным и перспективным методом изучения дна океана — его состава, донных животных, придонных течений является фотографирование дна океана. Фотографии позволяют заметить наличие открытой советскими учеными вертикальной зональности дна океана. С увеличением глубины меняется облик животного мира, происходит смена типов осадочного покрова. Чрезвычайно наглядно такая закономерность видна на фотографиях, снятых в 1966 г. на исследовательском судне «Витязь» в Курило-Камчатском желобе. В этом рейсе, возглавляемом выдающимся советским океанологом Л. А. Зенкевичем, удалось открыть около сотни новых видов животных, обитающих на глубинах свыше 6 км. Темный, неприглядный, мрачный мир. Давление, которое часто не выдерживают стальные корпуса приборов. А тонкие, нежные организмы чувствуют там себя превосходно!

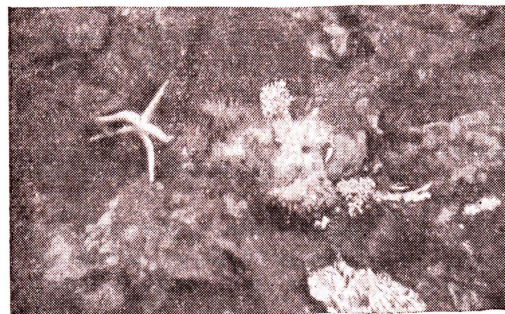
Вновь открытые в глубинах желоба животные составляют более 30% от всех

Наш родственник погонофора. Все-таки трудно себе представить, что такое в общем-то незнакомое на вид существо вызвало стремительный перелом в мире биологов. А ведь это еще увеличенное изображение, да и художник его немного приукрасил!



Фотопутешествие в царство Посейдона. Так сверху вниз выглядит склон Курило-Камчатского желоба.

Глубина 261 м. Огромное скопление самых разнообразных животных. Сверху течениями приносятся множество пищи со склона, да и темнота еще не такая плотная.



598 м. Весь кадр размером $1,5 \times 1,5$ м заполнен представителями животного мира

1080 м. Почти исчезли представители верхних этажей. Здесь раздолье для «морских перьев». По их наклону можно определить интенсивность и направление придонных течений. Это важно, так как для изучения границы вода — грунт до сих пор не существует надежных приборов.



2470 м. На первый взгляд очень бедно. Но всмотритесь: в левом верхнем углу — животное, а вся эта пористая поверхность образована мелкими обитателями дна, которых можно разглядеть при большом увеличении. Особенно здесь много мертвых и живых фораминифер.



5530 м. И с этой, казалось бы, безжизненной глубины трапы приносят животных. Крупные попадают не очень часто, но если улов промыть от грунта на мелкой металлической сетке, то животными, снятыми с нее, можно заполнить не одну пробирку.

Подводные фотографии — это увлекательный рассказ о дне океана. Они еще принесут нам много нового

известных ранее обитателей больших глубин!

В НОГУ С ЭПОХОЙ

Приведенные примеры показывают, насколько выросла наука об океане за годы Советской власти. Постоянно увеличиваются темпы ее развития. В строй вступают новые исследовательские суда, разрабатываются новые приборы, совершенствуются методы исследований.

Недавно вступило в строй исследовательское судно «Академик Курчатов», разработанное и построенное под руководством И. Д. Папанина. 26 лабораторий судна оснащены современными приборами для изучения ионосферы и дна океана, космических лучей и магнитного поля, верхних слоев атмосферы и толщи вод. Первый рейс в Атлантический океан показал, что советская наука получила новое мощное средство изучения нашей Земли.

У нашего времени есть интересное свойство — постоянное стремление вперед. И даже подводя итоги пройденному пути, хочется посмотреть — что же еще нужно сделать. И это правильно. Ибо основной итог всякой творческой работы в том, что постоянно возникают новые и новые горизонты, до которых обязательно хочется дойти. И если такое ощущение есть, то значит дело, которым ты занимаешься, развивается, совершенствуется, непрерывно идет вперед. Если нам удалось на отдельных примерах показать, что в изучении океана обстановка именно такова, то мы выполнили поставленную перед собой задачу.

ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ (1950—1967) *

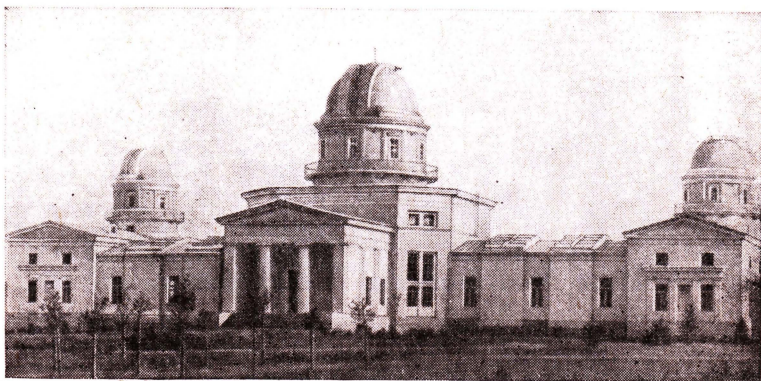
В этом и следующем номерах «Земли и Вселенной» подводятся итоги 50-летнего пути советской астрономии. Вместо 9 обсерваторий, из которых лишь Пулковская была в первом ряду обсерваторий всего мира, мы имеем теперь 50 научных учреждений — оптических и радиоастрономических обсерваторий, оснащенных современным отечественным оборудованием и, подчас, крупными телескопами. Именно за последние 17 лет было создано большинство новых обсерваторий и все радиоастрономические установки. За эти годы наша оптико-механическая промышленность, а также отдел приборостроения Пулковской обсерватории и мастерские других обсерваторий оснастили советскую астрономию большим количеством новых и оригинальных инструментов, в том числе крупнейшим в Европе рефлектором — 2,6-метровым телескопом имени Г. А. Шайна (Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР; такой же телескоп будет установлен в Бюраканской астрофизической обсерватории АН АрмССР, о которой подробно рассказано в



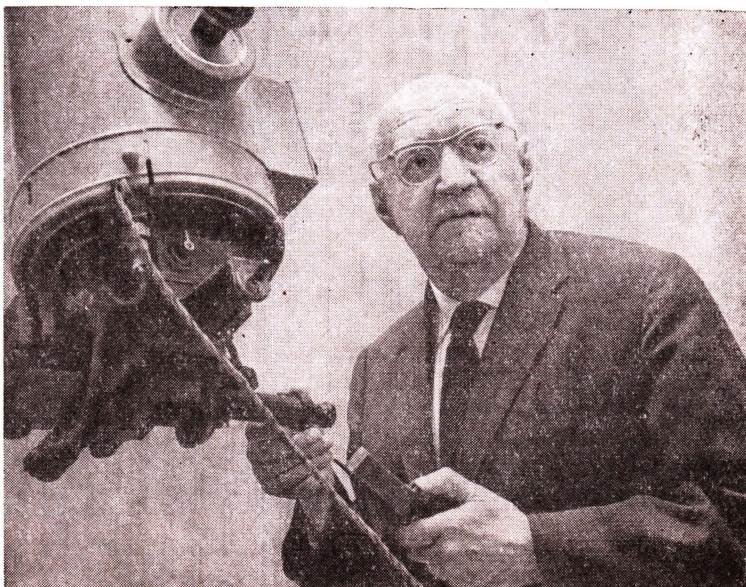
ХРОНИКА ФОТОДОКУМЕНТЫ

«Земле и Вселенной», № 2, 1967 г.), телескопом системы Шмидта диаметром 1 м (Бюраканская астрофизическая обсерватория); полным ходом идет строительство 6-метрового телескопа на оригинальной азимутальной установке. Тематика исследовательских работ, ведущихся в настоящее время в СССР, охватывает все основные проблемы современной астрономии.

Главная астрономическая обсерватория АН СССР в Пулкове (после восстановления)



Крупнейший советский специалист по теории затмений, астрономическим постоянным и гравиметрии, директор Пулковской обсерватории с 1946 г. по 1964 г., академик А. А. Михайлов у телескопа



* Продолжение. Начало см. «Земля и Вселенная», №№ 1, 2, 3, 4 за 1967 г.

ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ (1950—1967)

1950 г. В Крымской астрофизической обсерватории установлен отечественный внезатменный коронограф.

Завершение строительства Кисловодской горной астрономической станции ГАО АН СССР и начало регулярных наблюдений Солнца.

1951 г. В Пулкове восстановлен горизонтальный солнечный телескоп и установлена неподвижная полярная труба академика А. А. Михайлова ($D = 20$ м, $F = 600$ см) для определения постоянных нутации и абберации.

Впервые в СССР на Кисловодской горной станции начаты регулярные наблюдения зеленой корональной линии.

1952 г. В Абастуманской астрофизической обсерватории составлен «Каталог звездных величин и показателей цвета 14 000 звезд в избранных

площадках Каптейна №№ 1—43» (Е. К. Харадзе).

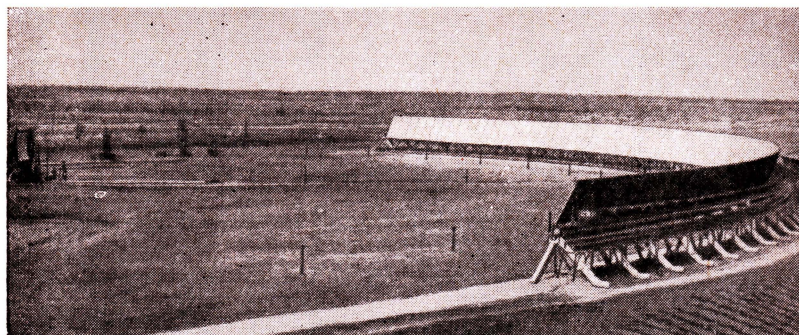
Вышла в свет книга В. А. Амбарцумяна, Э. Р. Мустеля, А. Б. Северного и В. В. Соболева «Теоретическая астрофизика».

Издан «Атлас диффузных туманностей» Г. А. Шайна и В. Ф. Газе (Крымская астрофизическая обсерватория).

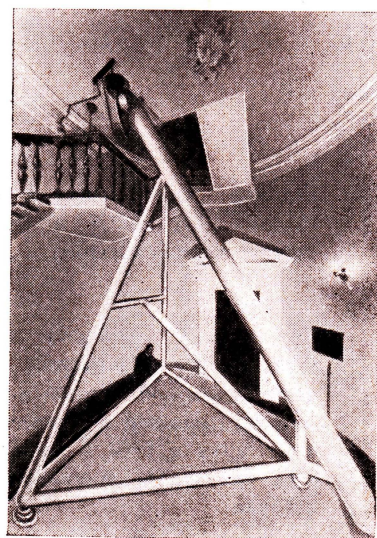
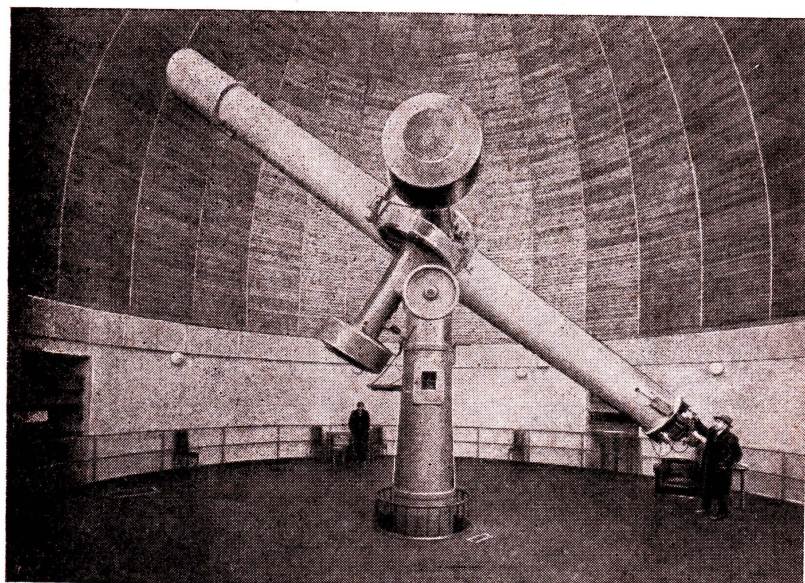
В Крымской астрофизической обсерватории установлен 122-сантиметровый рефлектор Цейсса.

Вышла в свет монография И. С. Шкловского «Солнечная корона».

1953 г. Начало внезатменных наблюдений солнечной короны и радионаблюдений Солнца на Кисловодской горной солнечной станции ГАО АН СССР.



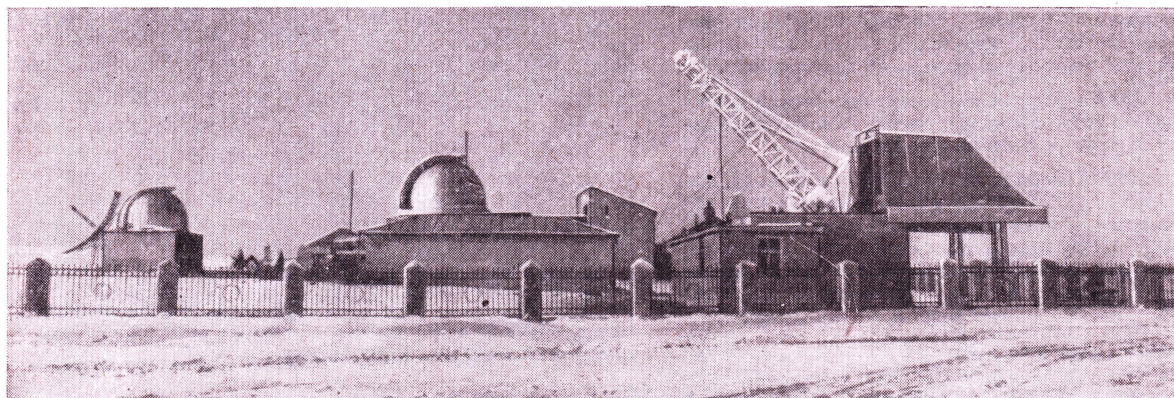
Большой радиотелескоп
Пулковской обсерватории



Полярная труба академика
А. А. Михайлова

26-дюймовый рефлектор
Цейсса Пулковской обсерватории

ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ [1950—1967]



Кисловодская горная солнечная станция ГАО АН СССР. Справа — самый большой в мире коронграф

Для объяснения радиоизлучения Крабовидной туманности И. С. Шкловским предложен «синхротронный» механизм, широко использованный в дальнейшем в астрофизике.

1954 г. Торжественное открытие восстановленной Пулковской обсерватории.

В. А. Домбровский (Ленинградский государственный университет) и М. А. Вашакидзе (Абастуманская астрофизическая обсерватория) независимо обнаружили поляризацию оптического излучения Крабовидной туманности.

В Крымской астрофизической обсерватории смонтирован один из крупнейших в мире башенных солнечных телескопов, оснащенный электронными приборами, спектрографами и магнитографом.

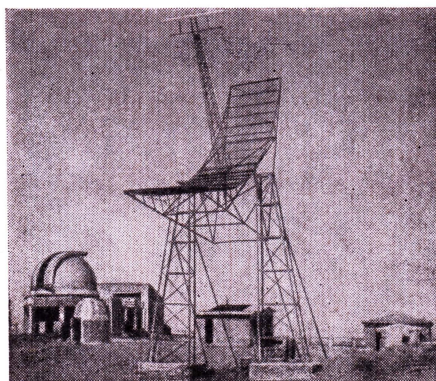
Осень. В Бюраканской астрофизической обсерватории установлен 52,6-сантиметровый телескоп Шмидта с $F = 1,83$ м (конструктор П. В. Добычин).

1954—1959 гг. В Крымской астрофизической обсерватории В. Е. Степанов и А. Б. Северный разработали методику изучения тонкой структуры магнитных полей солнечных пятен.

1955 г. В Абастуманской астрофизической обсерватории установлен 70-сантиметровый менисковый телескоп (конструктор Б. К. Иоаннисиани). В Пулкове впервые применено телевидение в астрономических наблюдениях (Н. Ф. Купревич).

1956 г. В ГАИШе под руководством Н. Н. Парийского построен светосильный небулярный спектрограф для получения спектра короны во время затмений.

В ГАИШе установлен башенный солнечный телескоп.



Одна из антенн радиointерферометра Кисловодской горной солнечной станции

В Пулкове построен большой радиотелескоп системы С. Э. Хайкина и Н. Л. Кайдановского — «веерная» антенна, дающая высокое разрешение (около $1'$ по азимуту) в сантиметровом диапазоне.

Сентябрь. Окончание первой очереди строительства и официальное открытие Бюраканской астрофизической обсерватории АН АрмССР и Международный симпозиум по нестационарным звездам.

1957 г. Создана Благовещенская широтная станция ГАО АН СССР, оснащенная отечественным зенит-телескопом ($D = 180$ мм).

В Абастуманской астрофизической обсерватории установлен хромосферно-фотосферный телескоп (конструктор П. В. Добычин).

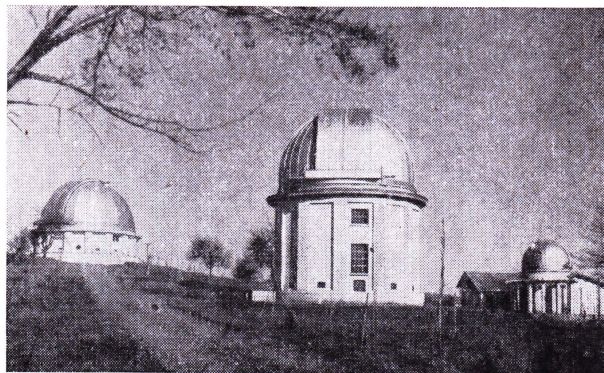
ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ [1950—1967]

В Пулкове смонтирован новый 26-дюймовый рефрактор Цейсса для фотографирования двойных звезд, изучения темных спутников звезд и измерения звездных параллаксов.

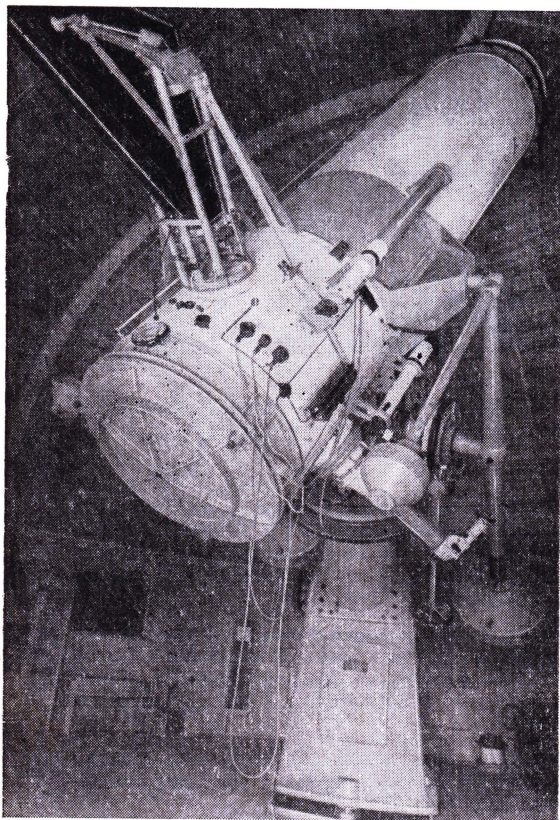
1958 г. В ГАИШе установлены автоматическая фотографическая зенитная труба, новый меридианный круг и спектрогелиограф.

Созданы Южная станция ГАИШа в Крыму, оснащенная 125-сантиметровым зеркальным телескопом, 40-сантиметровым двойным астрографом, 50-сантиметровой камерой Максудова, и Алма-Атинская постоянная горная экспедиция ГАИШа, основные инструменты которой: небулярный спектрограф и коронограф.

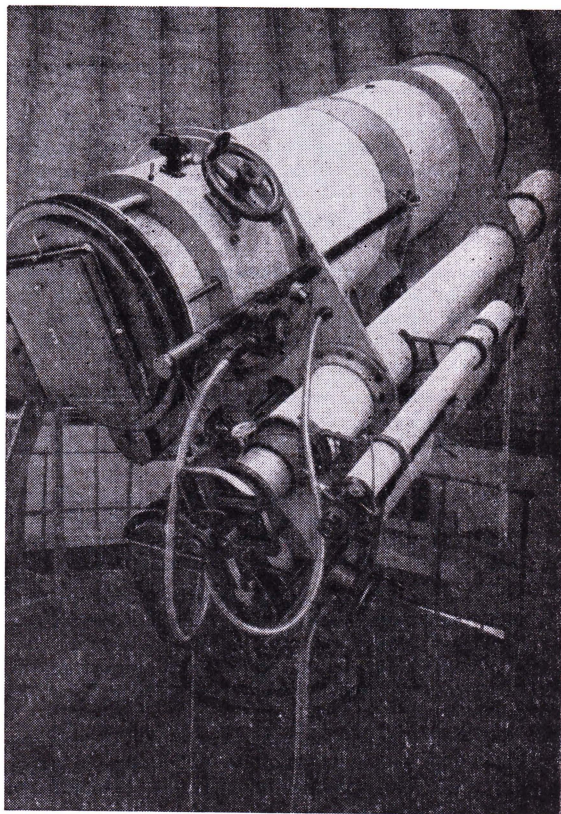
Второе издание «Общего каталога переменных звезд» (сведения о 14 708 переменных). Первое дополнение к нему было издано в 1960 г. и содержало данные о 797 новых переменных.



Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР. Башни 122-сантиметрового телескопа (слева), двойного астрографа (на переднем плане) и менискового телескопа

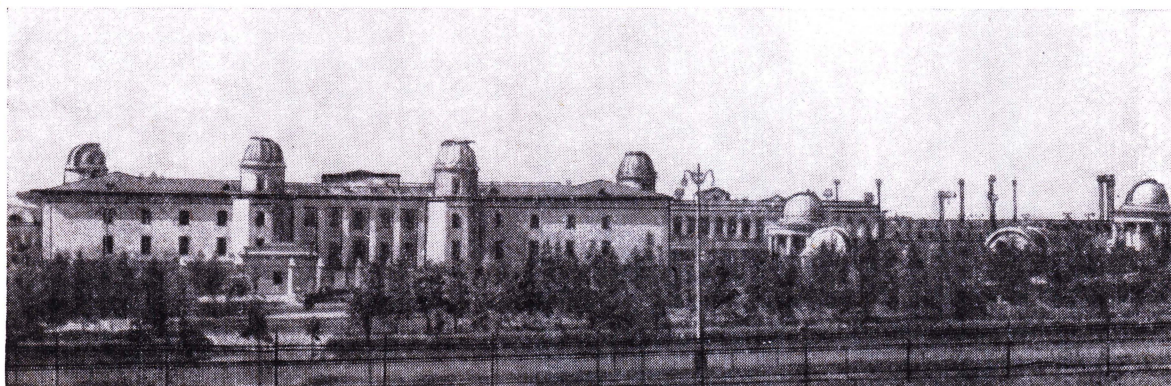


122-сантиметровый рефлектор Крымской астрофизической обсерватории

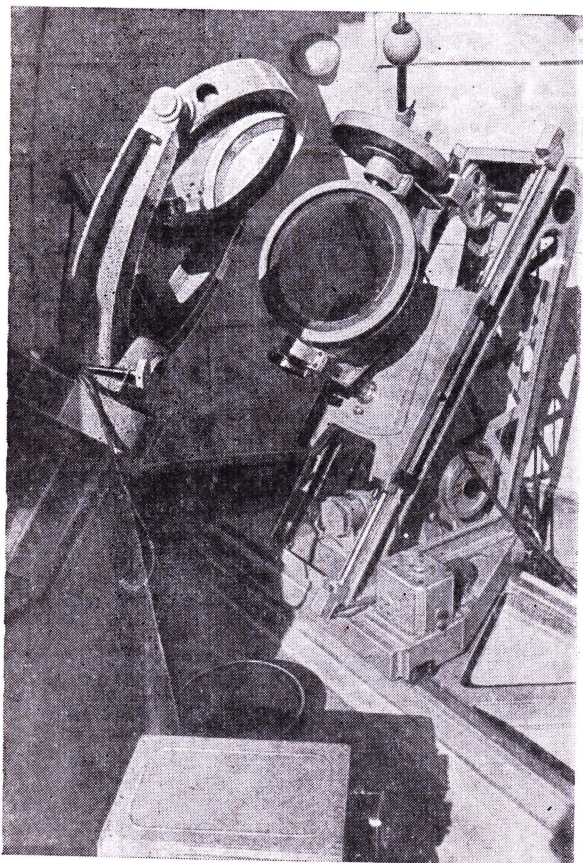


40-сантиметровый двойной астрограф Крымской астрофизической обсерватории

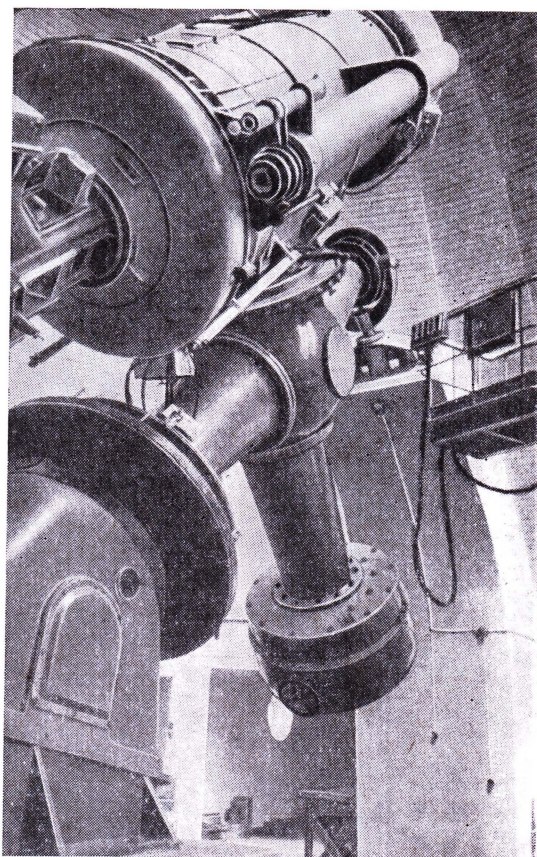
ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ (1950—1967)



Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга (главное здание на Ленинских горах в Москве)

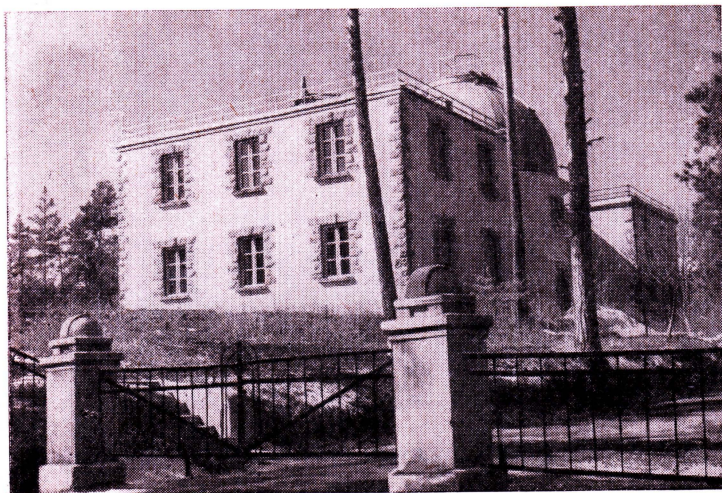


Целостат башенного солнечного телескопа ГАИШ

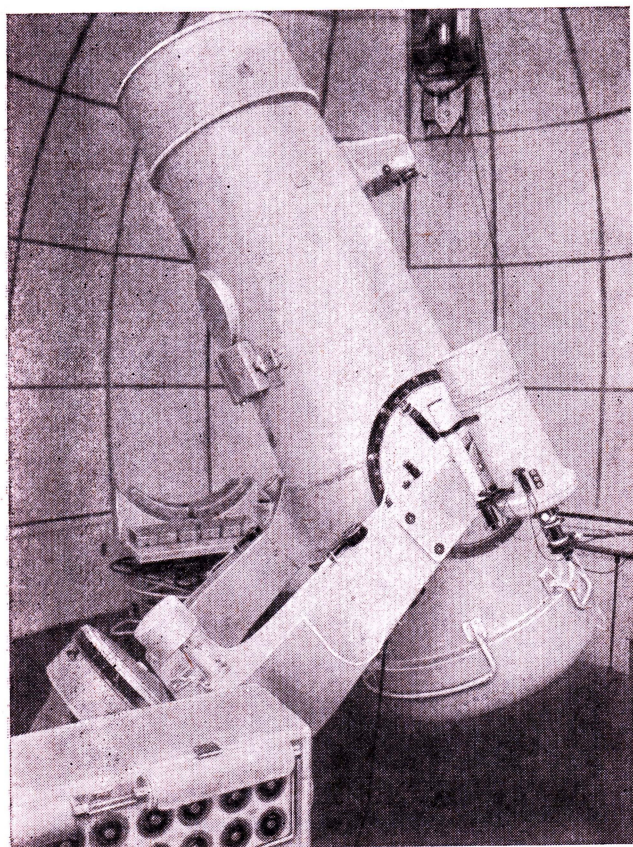


125-сантиметровый зеркальный телескоп Южной станции ГАИШ

ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ (1950—1967)



Главное здание Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГрузССР и банья 40-сантиметрового рефрактора



Август. В Москве проходил X Международный астрономический съезд, собравший более 1200 участников.

1960 г. Декабрь. В Пулкове состоялся Международный симпозиум по исследованию Луны.

1961 г. В Крымской астрофизической обсерватории установлен самый крупный в Европе рефлектор, диаметр зеркала которого 2,6 м. Ему присвоено имя академика Г. А. Шайна (фото на 1-й странице обложки).

В Бюраканской обсерватории установлен большой телескоп системы Шмидта (132—100 см) с тремя крупнейшими в мире объективными призмами диаметром 100 см.

1962 г. В Чили начала работу Пулковская астрометрическая экспедиция (руководитель М. С. Зверев).

1963 г. А. С. Шаров (ГАИШ) ревизовал параметры межзвездного поглощения и составил новую карту распределения поглощения по небесной сфере.

13 сентября. В Крымской астрофизической обсерватории выполнена локация Луны с помощью рубинового лазера, смонтированного в фокусе 2,6-метрового рефлектора.

Вышла в свет монография С. Б. Пикельнера и С. А. Каплана «Межзвездная среда».

70-сантиметровый менниковый телескоп Абастуманской астрофизической обсерватории

ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ (1950—1967)

1965 г. В Бюраканской астрофизической обсерватории смонтирован новый 50-сантиметровый телескоп для фотоэлектрических работ (поляриметрия и колориметрия звезд).

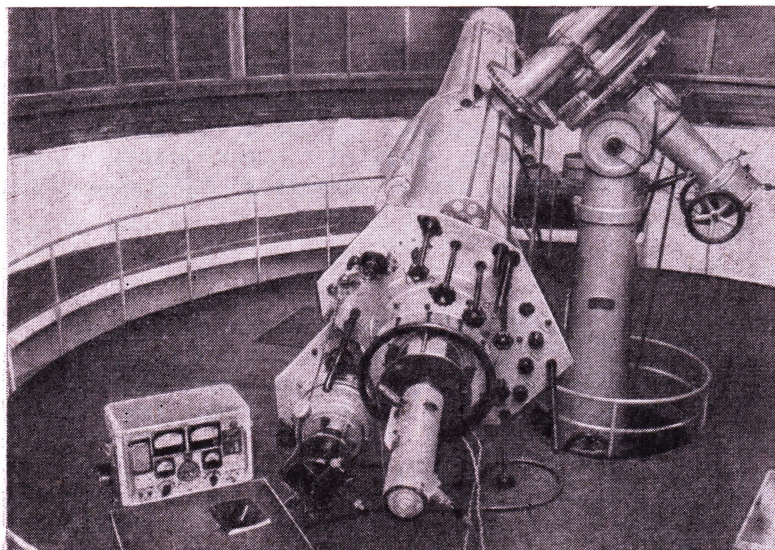
1965—1966 гг. В Абастуманской астрофизической обсерватории установлены горизонтальный солнечный телескоп со спектрографом и внезатменный коронограф типа Лео.

1966 г. Май. В Бюраканской астрофизической обсерватории происходил Международный симпозиум по проблемам нестационарных явлений в галактиках.

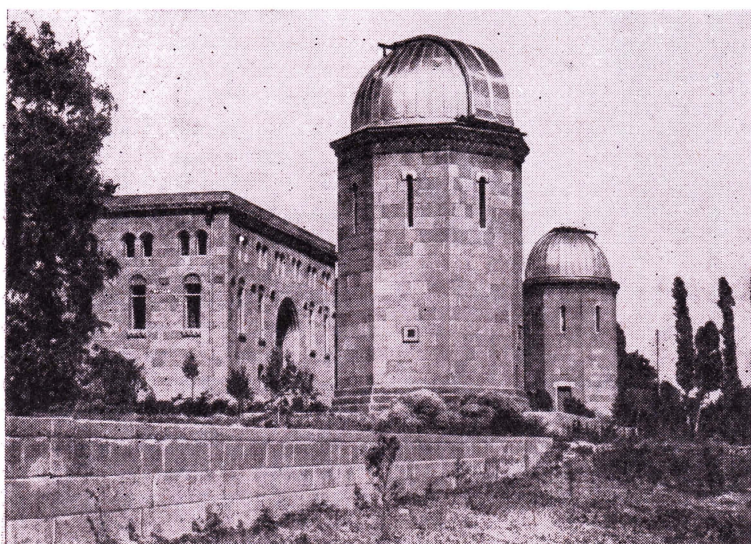
3 июня. Постановление Президиума АН СССР об организации Специальной астрофизической обсерватории АН СССР, основным инструментом которой будет 6-метровый рефлектор (директор САО И. М. Копылов).

На Кисловодской горной станции ГАО АН СССР установлен самый большой в мире внезатменный коронограф.

В стратосферу (20 км) поднята автоматическая астрономическая станция Пулковской обсерватории для фотографирования Солнца.



Электронный поляриметр, установленный на 40-сантиметровом рефракторе Абастуманской астрофизической обсерватории (позволяет изучать поляризацию света звезд до 13^m).



Главное здание и башня Бюраканской астрофизической обсерватории АН АрмССР

1967 г. 20 апреля. Бюраканская астрофизическая обсерватория АН АрмССР награждена орденом Ленина за большие заслуги в развитии астрономической науки и подготовку высококвалифицированных кадров.

П. Г. КУЛИКОВСКИЙ,
доцент

ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ И РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

*М. И. БУДЫКО,
член-корреспондент АН СССР,
лауреат Ленинской премии*

Отмеченная в юбилейном году высокой правительственной наградой — орденом Трудового Красного Знамени Главная геофизическая обсерватория имени А. А. Воейкова — одно из старейших научных учреждений нашей страны. Славному пути, пройденному Главной геофизической обсерваторией, посвящена статья директора Обсерватории М. И. Будыко.

Уже в XVIII веке было установлено, что для понимания закономерностей атмосферных процессов необходимо создать систему постоянно работающих метеорологических станций, находящихся в различных районах и проводящих наблюдения за температурой, давлением воздуха, ветром и другими метеорологическими элементами по одинаковым программам.

Однако организация такой системы наблюдений оказалась весьма нелегкой и затянулась на многие годы.

В начале XIX века известный общественный деятель, основатель Харьковского университета В. Н. Каразин выступил с предложением создать в России центральное учреждение, которое руководило бы наблюдениями на метеорологических станциях. По мнению Кара-



В. Н. Каразин (1773—1842)

зина, организация такого учреждения вместе с системой подчиненных ему метеорологических станций позволила бы разработать ме-

тоды предсказания погоды на длительный срок.

Предложение Каразина не имело успеха, так как он высказал его, находясь в ссылке, когда короткий период его влияния в правительственных кругах окончился. Следует, однако, отметить, что выступление Каразина значительно опередило основание центральных метеорологических учреждений в каких-либо других странах.

Начиная с 30-х годов прошлого века академик А. Я. Купфер на протяжении ряда лет также доказывал необходимость создания в России центрального метеорологического учреждения. Бюрократические порядки того времени затянули решение вопроса об организации учреждения, и только в 1849 г. в Петербурге была основана Главная физическая обсерватория — второй



Академик А. Я. Купфер
(1799—1865)

по времени основания крупный научный институт нашей страны (после Пулковской астрономической обсерватории).

На Главную физическую обсерваторию были возложены задачи «познания Российской империи в физическом отношении», причем особое значение придавалось организации метеорологических и магнитных исследований.

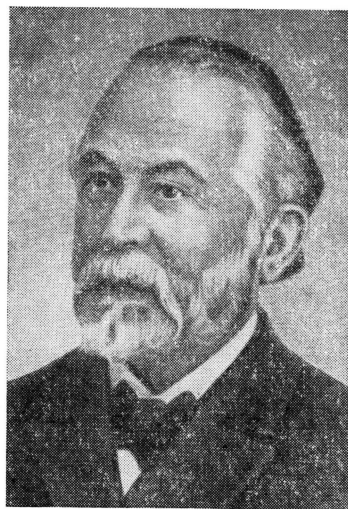
В первые годы существования Обсерватория включала только несколько сотрудников, занимавшихся организацией работы метеорологических станций, публикацией материалов наблюдений, разработкой приборов для метеорологических и магнитных наблюдений, а также работами в области метрологии.

Развитие Обсерватории ускорилось после назначения директором в 1868 г. академика Г. И. Вильда. К концу XIX века Обсерватория стала центром об-

ширной системы метеорологических наблюдений, включившим в себя сотни метеорологических станций, несколько региональных обсерваторий и первоклассную для того времени Геофизическую обсерваторию в Павловске, где осуществлялась широкая программа метеорологических и магнитных наблюдений. Значительное внимание в работах Обсерватории уделялось разработке метеорологических приборов и организации их проверки. Начиная с 70-х годов, в Обсерватории действовала служба погоды, выпускавшая краткосрочные прогнозы.

Высокий уровень работ в области метеорологии, достигнутый Обсерваторией в те годы, получил широкое международное признание. Это отразилось в избрании Г. И. Вильда президентом Международной метеорологической организации и назначении его на пост председателя международной комиссии по проведению Первого полярного года.

Научные исследования в Обсерватории значительно расширились в конце XIX и начале XX веков, когда деятельностью Обсерватории руководили академики А. И. Рыкачев и Б. Б. Голицын. В эти годы были развернуты исследования в области синоптической и сельскохозяйственной метеорологии, аэрологии, актинометрии, атмосферного электричества. Особенно крупные работы велись в Обсерватории по изучению климата нашей страны, в ходе которых был подготовлен и издан климатический атлас России, явившийся выдающимся достижением климатологии того времени.

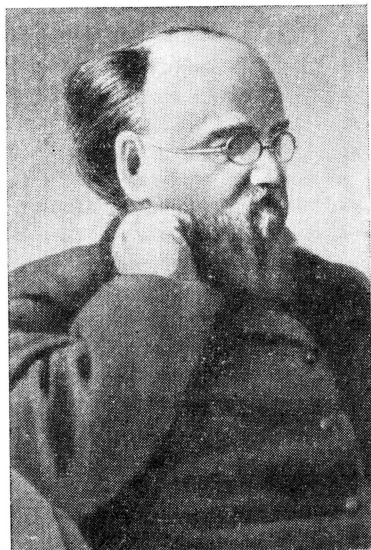


Академик Г. И. Вильд (1833—1902)

Глубокое влияние на последующее развитие климатологических исследований имела работа в Обсерватории крупнейшего климатолога А. И. Воейкова, который составил общий план изучения климата нашей страны и выполнил ряд ценных работ по прикладной климатологии. В 1916 г. А. И. Воейков скончался, а составленный им план исследований был осуществлен советскими климатологами.

Следует отметить, что значительные успехи в развитии метеорологических исследований, достигнутые в дореволюционное время, были результатом, главным образом, инициативы и усилий отдельных ученых.

До Революции деятельность Обсерватории ограничивалась постоянным недостатком средств даже для выполнения таких первоочередных работ, как издание материалов метеорологических наблюдений и их обобщение. Так как Обсервато-



Член-корреспондент Академии наук А. И. Воейков (1842—1916)

рия совмещала функции центрального научного учреждения в области метеорологии с функциями центра оперативной метеорологической службы, то основная часть сотрудников Обсерватории выполняла различные технические и оперативные работы и могла вести научные исследования лишь во внеслужебное время.

Характеризуя положение дел, сложившихся в Обсерватории перед революцией, ее директор, академик А. Н. Крылов в 1916 г. писал: «Обсерватория, владея золотыми россыпями, вынуждена ограничиваться «старательским ковырянием» в них, так как не имеет средств на их правильную разработку».

Только после Великой Октябрьской революции были созданы условия, благоприятные для широкого развития метеорологических исследований в Главной геофизической обсерватории.

В 1921 г. на заседании Совета Народных Комиссаров под председательством В. И. Ленина был рассмотрен вопрос об организации советской метеорологической службы. В декрете от 21 июня 1921 г. на Обсерваторию было возложено руководство всеми метеорологическими работами в нашей стране.

Выполняя постановление Правительства, сотрудники Обсерватории провели большую работу по восстановлению системы метеорологических наблюдений, пострадавшей в годы первой мировой и гражданской войн. Одновременно с этим

но-исследовательской, административной и оперативной работы. С этого времени Обсерватория получила название «Главная геофизическая обсерватория».

В 1929 г. постановлением Правительства был организован Гидрометеорологический комитет СССР, который стал административным центром гидрометеорологической службы. В дальнейшем в Москве было создано Центральное бюро погоды, преобразованное затем в Центральный институт прогнозов. В результате этого Обсерватория освободилась от административных функций и от обязанностей центра службы погоды, что значительно расширило возможности развития научных исследований.

В 20-х и 30-х годах научная деятельность сотрудников Обсерватории заметно превзошла объем научных исследований, выполнявшихся до революции. В эти годы в Обсерватории работал ряд крупных ученых, из которых С. И. Савинов, В. Н. Оболенский, Б. П. Вейнберг, А. А. Фридман и П. А. Молчанов в свое время занимали пост директора Обсерватории. Наряду с названными учеными, в Обсерватории работали выдающиеся специалисты в области теоретической метеорологии — Н. Е. Кочин, П. Я. Полубаринова-Кочина и А. А. Дородницын (впоследствии академики); Е. Н. Блинова и И. А. Кибель (впоследствии члены-корреспонденты АН СССР); в области физики атмосферы — Н. Н. Калитин, П. Н. Тверской; климатологии — А. А. Каминский, Е. С. Рубинштейн; специалисты в области синоптической метеоро-



Профессор В. Н. Оболенский (1877—1942)

была реорганизована служба погоды: все ведомственные организации были либо переданы Обсерватории, либо ликвидированы.

В 1924 г. было утверждено первое за годы Советской власти положение об Обсерватории, в котором устанавливалась ее структура, задачи в области науч-

логии — Б. П. Мультановский, Э. С. Лир и многие другие.

В годы Великой Отечественной войны Обсерватория понесла тяжелый ущерб: была полностью разрушена экспериментальная база в Павловске, долгие годы бывшая центром метеорологических наблюдений в нашей стране. Многие сотрудники Обсерватории погибли на фронте и в осажденном Ленинграде.

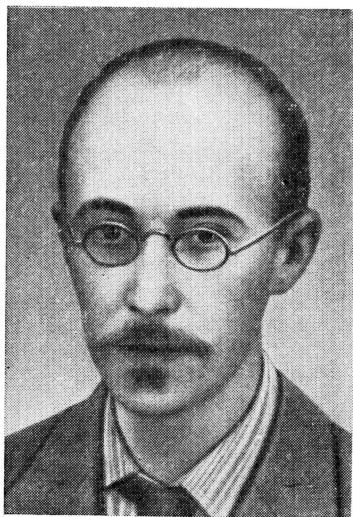
В начале 1942 г. Главная геофизическая обсерватория была объединена с Ленинградским институтом экспериментальной метеорологии, который был организован в 30-х годах для разработки методов активных воздействий на атмосферные процессы. Основной коллектив объединенного учреждения был эвакуирован в Свердловск, где под руководством В. Я. Никандрова, назначенного директором Обсерватории, были развернуты работы для обеспечения запросов обороны и народного хозяйства военного времени.

Группа сотрудников, оставшихся в Ленинграде, составила Ленинградское отделение Обсерватории, которое своей работой помогало защитникам осажденного города. Весной 1944 г., вскоре после прорыва блокады, Обсерватория была возвращена в Ленинград, где коллектив сотрудников развернул активную деятельность по восстановлению и дальнейшему развитию научных исследований Обсерватории.

В 1946 г. по постановлению Правительства Обсерватории был передан расположенный в окрестностях Ленинграда поселок Сельцы

для строительства в нем новой экспериментальной базы взамен разрушенной Обсерватории в Павловске.

Состоявшееся в 1949 г. столетие Главной геофизической обсерватории было отмечено как большой праздник всей советской науки. Приуроченная к этой дате сессия Ученого совета показала, что ведущиеся в Обсерватории научные исследования широко охватывают все основные направления физики атмосферы и климатологии. Обсерватории было присвоено имя А. И. Воейкова, а поселок Сельцы был переименован в поселок Воейково.



Профессор А. А. Фридман
(1888—1925)

Научная деятельность Обсерватории в послевоенные годы продолжала многие направления исследований, проводимых до войны, и включила в себя разработку целого ряда новых проблем метеорологической науки. При постановке этих проблем и их изучении сотрудники Обсерватории во



Профессор П. А. Молчанов
(1893—1941)

многих случаях опережали достижения соответствующих направлений зарубежных исследований.

Дадим теперь краткую характеристику основных итогов научных работ, выполненных в Главной геофизической обсерватории за последние 50 лет.

Советская школа динамической метеорологии была создана в Главной геофизической обсерватории А. А. Фридманом, который в 1920 г. организовал коллектив ученых, начавших исследования в этой области.

В работах А. А. Фридмана, Н. Е. Кочина и других сотрудников Обсерватории были установлены широкие возможности изучения разнообразных проблем физики атмосферы на основе применения методов теоретической гидромеханики. Развивая эти исследования, И. А. Кибель в работе «Приложение к метеорологии уравнений механики бароклинной жидкости», опубликованной в 1940 г., разработал численный метод прог-

ноза погоды, основанный на решении уравнений гидротермодинамики. Эта работа, отмеченная Государственной премией, и явилась началом широкого цикла исследований, занявших большое место в советской и зарубежной динамической метеорологии.

В 40-х годах в Главной геофизической обсерватории Е. Н. Блинова начала исследование по теории средних распределений и аномалий температуры, давления и ветра в атмосфере. Эти исследования, продолженные затем в Центральном институте прогнозов, привели к созданию первого численного метода долгосрочного прогноза погоды.

В послевоенные годы работы по динамической метеорологии велись в Обсерватории большим коллективом ученых, которым руководил М. И. Юдин; в них разрабатывались численные методы прогнозов погоды, вопросы теории атмосферной турбулентности и циркуляции атмосферы.

Большое место в работах Главной геофизической обсерватории занимали исследования в области климатологии.

Еще в 20—30-е годы А. А. Каминский, Е. С. Рубинштейн и другие сотрудники подготовили ряд монографий по климату нашей страны. В дальнейшем местными учреждениями Гидрометеослужбы под руководством Обсерватории была проведена громадная работа по подготовке двух изданий «Климатического справочника СССР», явившегося обобщением многолетних данных наблюдений сети метеорологических станций. Используя материалы Спра-

вочника, сотрудники Обсерватории составили первый советский «Климатический атлас СССР», который по полноте своей программы значительно превзошел атласы зарубежных стран.

Наряду с работами по климатологии СССР, в Обсерватории большое внимание уделялось исследованиям в области прикладной климатологии.

Работы Г. Т. Селянинова, С. А. Сапожниковой, И. А. Гольцберг в области агроклиматологии оказали большое влияние на развитие этой области науки и имели существенное значение для освоения советских субтропиков и для обеспечения различных запросов сельского хозяйства.

В последние годы были значительно расширены ведущиеся в Обсерватории исследования по строительной климатологии, начаты работы по биоклиматологии человека и по климатическому режиму промышленного загрязнения атмосферы.

Начиная с 30-х годов, специалисты в области теоретической метеорологии значительное внимание уделяли разработке проблемы физического объяснения генезиса климатов земного шара.

Большой вклад в разработку теории климата внесли исследования Н. Е. Кочина, продолженные работами Е. Н. Блиновой, М. Е. Швеца и Л. Р. Ракиповой. К исследованиям по теории климата примыкают работы по изучению теплового баланса Земли и влагооборота в атмосфере, которые широко развернулись в Обсерватории в последнее время. Были разработаны методы определения составляющих

теплового баланса земной поверхности и атмосферы, применение которых позволило построить мировые карты распределения основных членов теплового баланса. Эти карты были изданы в виде двух атласов. Полученные в этих исследованиях материалы в дальнейшем широко использовались в советских и зарубежных работах по прикладной климатологии, теории климата, гидрологии и физической географии.

Закономерности влагооборота в атмосфере изучались в работах О. А. Дроздова и других сотрудников Обсерватории. В ходе этих исследований была разработана количественная теория влагооборота, выводы которой имели существенное значение для выяснения влияния мелиоративных мероприятий на осадки. Значительное внимание в климатологических исследованиях уделялось проблеме изменений климата от естественных причин и в результате искусственных воздействий. В работах по метеорологической эффективности мелиоративных мероприятий выяснено влияние на метеорологический режим полезного лесоразведения, орошения, осушения болот, создания искусственных водохранилищ и т. д. В последние годы была установлена принципиальная возможность значительного изменения климатических условий на больших пространствах на основе техники и энергетики не очень отдаленного будущего.

Существенное место в деятельности Главной геофизической обсерватории занимали работы, связанные

с развитием сети метеорологических станций.

Сотрудники Обсерватории занимались разработкой новых приборов для метеорологических наблюдений и усовершенствованием уже существующих. В послевоенные годы в Обсерватории под руководством М. С. Стернзата проведена работа по созданию автоматической метеорологической станции, которая открыла перспективы для коренной реконструкции системы метеорологических наблюдений. Большое значение для усовершенствования наблюдений за облаками и осадками имело применение радиолокационной техники, на основе которой была разработана конструкция станции, ведущей наблюдения за облачностью и осадками.

Исследования в области актинометрии были начаты в Обсерватории еще в дореволюционное время. В 20—30-х годах С. И. Савинов, Н. Н. Калитин, Ю. Д. Янишевский и другие сотрудники Обсерватории разработали ряд актинометрических приборов, которыми оснащалась сеть актинометрических станций. По материалам наблюдений на этих станциях и в результате развития физических исследований началось изучение радиационного климата нашей страны. Актинометрическая сеть развивалась особенно быстро в послевоенные годы, причем по объему выполняемых на-

блюдений эта сеть сейчас значительно превосходит существующие за рубежом.

В методическом отношении с исследованиями радиационных процессов были связаны наблюдения за атмосферным озоном, которые начались в Обсерватории в период подготовки и проведения Международного геофизического года. В это время была создана первая сеть озонметрических станций.

Сотрудники Главной геофизической обсерватории внесли значительный вклад в развитие аэрологических исследований. Эти исследования были начаты в Обсерватории еще до революции М. А. Рыкачевым и М. Н. Поморцевым, а затем продолжены и широко развиты В. В. Кузнецовым и П. А. Молчановым. В 1929 г. П. А. Молчанов создал конструкцию радиозонда, первый подъем которого состоялся 30 января 1930 г. в Павловске. Изобретение радиозонда оказало глубокое влияние на развитие отечественной и мировой аэрологии.

Исследования по физике облаков и осадков, начатые в довоенные годы В. Н. Оболенским и В. В. Базилевичем, получили дальнейшее развитие в работах В. Я. Никандрова, Н. С. Шишкина, Е. С. Селезновой. В ходе этих исследований были разработаны новые методы прогноза атмосферных осадков и обоснованы методы активного воздействия на облака и туманы.

Начиная с 40-х годов, большое место в исследованиях Главной геофизической обсерватории заняли работы в области физики приземного слоя воздуха. В них был изучен режим турбулентного обмена в приземном слое воздуха, разработана теория трансформации воздушных масс, исследованы физические закономерности микроклимата и решен ряд задач прикладной метеорологии.

Из других направлений работ в области физики атмосферы, представленных в Главной геофизической обсерватории, нужно упомянуть исследования в области атмосферного электричества, впервые получившие широкое развитие в работах В. Н. Оболенского, который организовал систематические экспериментальные исследования атмосферного электричества.

Оценивая состояние научной деятельности Главной геофизической обсерватории, следует отметить, что в настоящее время намного превзойден уровень дореволюционных работ и Обсерватория занимает одно из ведущих мест в современной геофизической науке.

Значительный вклад, внесенный сотрудниками Обсерватории в развитие советской метеорологии, в январе 1967 г. был отмечен награждением Главной геофизической обсерватории орденом Трудового Красного Знамени.

ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЦА В СССР

А. В. СЕВЕРНЫЙ,
*член-корреспондент АН СССР,
директор Крымской астрофизической обсерватории АН СССР*

В первые десятилетия советской власти, как и в до-революционные годы, исследования Солнца не выходили за рамки личных интересов и

склонностей того или иного астронома. В дальнейшем работы в этой важнейшей области астрофизики все более приобретали коллективный

характер. Но по-настоящему эффективными они стали лишь в послевоенные годы. Решающее значение имели большие достижения в тех-

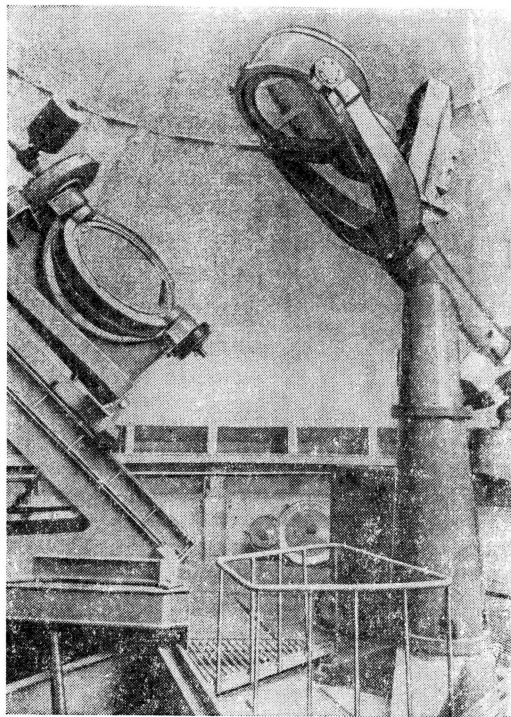
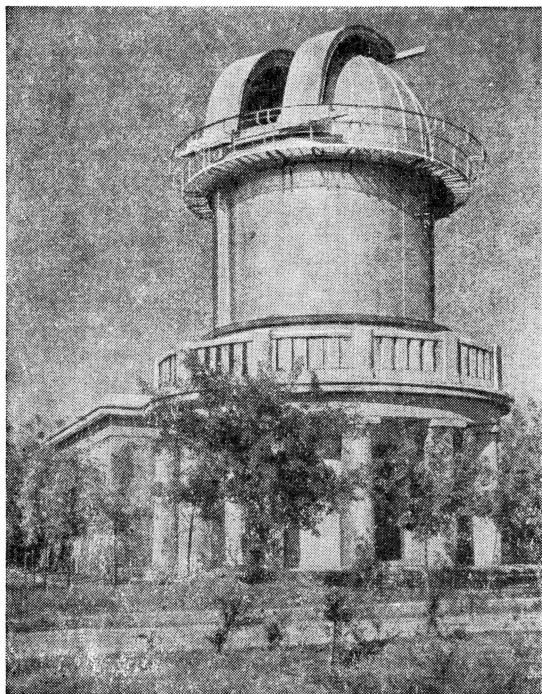


Рис. 1. Башенный солнечный телескоп Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Слева — башня телескопа, справа — целостатная установка

нике солнечных исследований. После Великой Отечественной войны были введены в строй крупные солнечные телескопы: горизонтальный телескоп системы Н. Г. Пономарева в Пулковке и башенный солнечный телескоп (рис. 1) в новой астрофизической обсерватории в горном Крыму (поселок «Научный»), позволившие осуществить исследования спектра Солнца при дисперсии и разрешающей силе, наивысших на современном уровне. Исключительно важную роль в этих исследованиях сыграли разработка методики и изготовление высококачественных дифракционных решеток (Ф. М. Герасимов) и узкополосных интерференционно-поляризационных фильтров (А. Б. Гильварг и А. Б. Северный, 1948 г.; С. Б. Иоффе, 1950 г.). Последние используются для наблюдений, в частности для кинематографирования Солнца в лучах водородной линии H_{α} . Успешно применяются магнитографы при фотоэлектрических измерениях магнитных полей на Солнце.

Очень существенным достижением послевоенного периода развития исследований Солнца явилось создание широкой сети станций службы Солнца, охватывающей диапазон долгот от Владивостока до западных границ СССР. Такая сеть станций, оборудованных стандартной аппаратурой для фотографирования Солнца и монохроматических наблюдений его в лучах H_{α} , сделала возможными «патрульные», наблюдения за солнечной активностью почти в течение более половины суток. Станции дают подробную информацию о всех быстрых процессах на Солнце

(вспышках, выбросах, взрывах), с которыми обычно связаны многие геофизические эффекты. Особенно ценной оказалась информация службы Солнца во время Международного геофизического года.

Значительная часть исследований в области физики Солнца сосредоточена в Крымской обсерватории, где над проблемами гелиофизики трудится большой коллектив. Важным центром исследования Солнца продолжает оставаться Пулковская обсерватория с ее южной базой — Солнечной станцией под Кисловодском. На станции систематически наблюдается солнечная корона вне затмений (М. Н. и Р. С. Гневышевы и др.). Недавно там установлен крупнейший в мире внезатменный коронограф (с отверстием 535 мм и фокусным расстоянием 8 м). Гелиофизические наблюдения ведутся также на высокогорных солнечных станциях недалеко от Алма-Аты и в Абастумани. Солнечные установки имеются в Москве, Киеве, Ташкенте, Азербайджане, недавно начал работать солнечный телескоп в Иркутске.

Одной из наиболее характерных особенностей физики Солнца в нашей стране за истекшие 50 лет явилось разностороннее изучение (в основном спектроскопическими, а впоследствии кинематографическими методами) физических процессов, которые протекают в активных областях Солнца и порождают вспышки, протуберанцы, факелы и т. д. За рубежом преимущественно исследовалось физическое состояние солнечной атмосферы в целом. Такая характеристика отчасти условна,

так как и у нас, и за рубежом был сделан существенный вклад в обоих направлениях. Спектроскопические исследования активных областей Солнца и хромосферы (той части атмосферы Солнца, где возникают эмиссионные линии) были начаты в Пулковской обсерватории еще Е. Я. Перепелкиным (1928—1935 гг.) и успешно продолжены и развиты О. А. Мельниковым и В. П. Вязаницыным (применительно к протуберанцам, 1935 г.). Ими было впервые установлено наличие больших скоростей неупорядоченных движений — «турбулентных» скоростей, без которых невозможно объяснить наблюдаемые большие ширины эмиссионных спектральных линий хромосферы и протуберанцев. В. П. Вязаницын также первый (1947 г.) пришел к выводу (подтвержденному недавно Н. А. Яковкиным и др.), что свечение протуберанцев определяется потоком идущего снизу излучения Солнца.

Другая отличительная черта советской гелиофизики — большее внимание к тонкой структуре солнечной атмосферы, чем к ее средним макроскопическим характеристикам. Так, В. А. Крат с сотрудниками (1958 г.) на основе изучения фраунгоферовых (темных) и эмиссионных хромосферных линий в спектре Солнца развил представление о хромосфере как о совокупности горячих и холодных волокон — протуберанцев. Анализ контуров спектральных линий различных атомов показал, что оптимальные условия свечения различных атомов и ионов разных элементов неодинаковы. Это привело к выводу о «сосуществовании» в

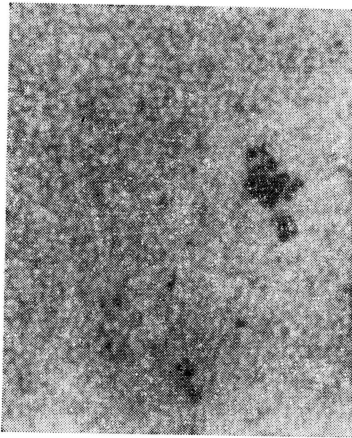


Рис. 2. Солнечная грануляция и маленькие пятна (по снимкам Н. В. Степенко, Крымская астрофизическая обсерватория, 30 июня 1966 г.)

хромосфере горячих и холодных областей (В. А. Крат, Т. В. Крат, В. М. Соболев).

Усиление свечения зеленой и красной линий — самых ярких в спектре солнечной короны — в областях, занятых протуберанцами, также свидетельствует о своеобразном «симбиозе» сравнительно холодного образования, каким является протуберанец, с горячей материей короны. На Солнце имеется своеобразная тонкая структура состояний. Сам факт сосуществования сравнительно холодной хромосферы и протуберанцев с температурой не больше $10\,000^\circ$ в окружении короны с температурой, превышающей $1\,000\,000^\circ$, — один из самых поразительных в физике Солнца.

Слой солнечной атмосферы, ответственный за испускание непрерывного спектра, — фотосфера — имеет гранулярную структуру (рис. 2), которую обнаружили блестящие фотографии П. Ж. Жансена и А. П. Ганского, сделанные еще в начале нашего столе-

тия. Эта тонкая гранулярная структура изучалась в Пулковской обсерватории В. А. Кратом с сотрудниками (определялось время жизни элементов грануляции, скорости и характер движений; 1954—1956 гг.). Нижняя часть фотосферы, строго говоря, состоит из двух компонент — более горячих, поднимающихся струй и более холодных, опускающихся. Поперечные размеры этих струй, по В. А. Крату, очень небольшие (не более 700 км), и в ряде случаев они, возможно, меньше разрешающей силы современных солнечных телескопов. Изучение скоростей движения газа в гранулах и под ними показало, что главную роль здесь играют звуковые и гравитационные волны, образующиеся в результате конвекции. В верхних слоях атмосферы Солнца конвективное движение постепенно затухает, превращаясь в турбулентное. Чередование сгущений и разрежений создает звуковой шум. Поглощение этих шумов может быть источником стационарного разогрева хромосферы (Э. Е. Дубов, 1960 г.). Много нового в понимании

солнечной грануляции обещает дать запуск стратоскопов, начатый недавно в Пулковской обсерватории.

Особо следует отметить вклад, сделанный С. Б. Пикельнером в разработку теории конвективных движений на Солнце. Магнитное поле, согласно расчетам С. Б. Пикельнера, быстрее подавляет турбулентность, чем конвекцию. Поэтому, если возникает и растет магнитное поле, то, подавив турбулентность, оно облегчает прохождение горячих конвективных струй вверх, создает тем самым добавочный приток энергии в фотосферу и повышенное свечение. Эти соображения помогают понять причины образования факелов и флоккулов.

Начатые в 1954 г. в Крымской обсерватории подробные спектральные исследования активных областей на Солнце позволили установить наличие в них тонкой структуры эмиссии. Как показали наблюдения при высокой разрешающей силе, эмиссия в линиях и непрерывная эмиссия сосредоточены в маленьких, короткоживущих зернах, по своим

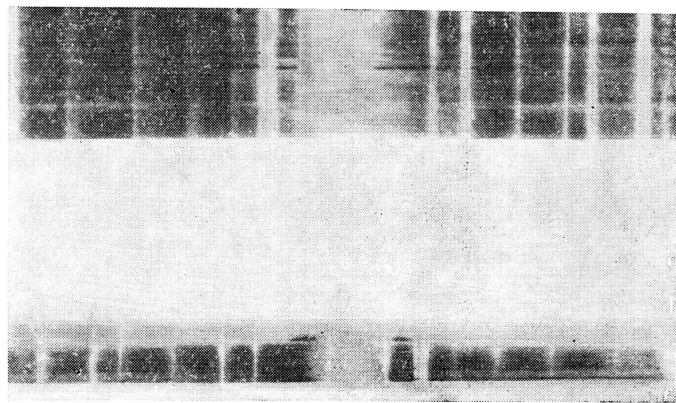


Рис. 3. «Усы» в линии H_α в центре диска (вверху) и у са-мого края (внизу)

размерам сравнимых с разрешающей силой телескопа. Была обнаружена часто возникающая, характерная эмиссия в линиях в виде очень протяженных вдоль спектра блестящих крыльев линий, названных «усами» (рис. 3). Детальное спектрофотометрическое и кинематографическое изучение показало, что в данном случае мы имеем дело с явлением, сходным со взрывом, выбросом струй или образованием движущихся кверху и книзу фронтов ударных волн. Эти взрывы возникают на разных глубинах и в тех местах атмосферы Солнца, где заметно выражена активность (образование солнечных пятен, быстрый их рост и т. п.). Тонкая структура была обнаружена в эмиссии вспышек и протуберанцев (рис. 4). Оказалось, что при хороших изображениях ее элементы сходны с «усами» в отношении механизма расширения (А. Б. Северный, 1954—1959 гг.).

Исследования эмиссионных спектров солнечных вспышек начались в 1948 г. в Крымской обсерватории (Э. Р. Мустель, А. Б. Северный и др.). Впервые было найдено, что очень большие ширины эмиссионных линий в спектрах вспышки объясняются эффектом Штарка, в других случаях эмиссия расширяется за счет эффекта Доплера в результате макроскопических движений вещества. Исследования изменения магнитных полей при вспышках, а также положения вспышек относительно магнитных полей привели к заключению о важной роли последних в явлении вспышки и о возможности процесса, аналогичного процессу сжатия токового шнура —

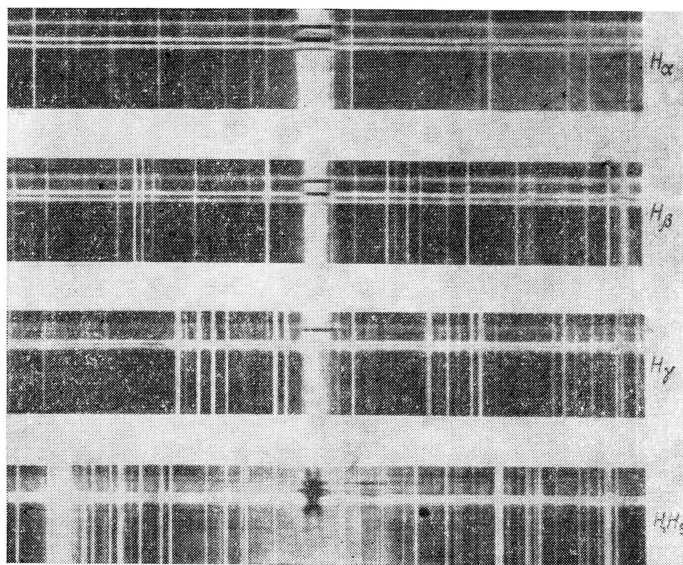


Рис. 4. Тонкая структура эмиссионного обращения линий в спектре солнечной вспышки в различных линиях водорода

пинч-эффекту, приводящему к быстрому разогреву солнечной плазмы. Крымские астрофизики получили данные о температуре (около $10\,000^\circ$) и электронной плотности во вспышках, которые затем были неоднократно подтверждены в других работах у нас и за рубежом. Изучение физического состояния водорода и непрерывного спектра вспышек также привело к выводу о том, что источник энергии вспышек нетепловой природы, т. е. не может быть получен за счет перераспределения тепловой энергии внутри атмосферы Солнца. Эти результаты были подтверждены изучением спектра эмиссии гелия во вспышках (Н. В. Стещенко и В. Л. Хохлова).

Далее, при подробном изучении спектра вспышек над краем диска Солнца и его изменений со временем была обнаружена четко выраженная стратификация (разделе-

ние на слои) физических условий вспышек по высоте в атмосфере Солнца. Различные временные последовательности свечения различных элементов вновь подтвердило представление о вспышке как о взрыве, который происходит на некоторой высоте в солнечной атмосфере и из области которого распространяется фронт ударной волны, вызывающий свечение в разных слоях атмосферы Солнца (Н. Н. Степанян, Э. А. Гуртовенко и др.).

Физическое состояние флоккулов (рис. 5) рассматривалось в ряде работ Э. Р. Мустеля. Он показал, что свечение ионов кальция в линиях H и K возбуждается электронным ударом, а водорода в линии H_α — путем рекомбинации. С этим может быть связано различие вида кальциевых и водородных спектрогелиограмм, а также неодинаковое поведение ин-



Рис. 5. Флоккулы в линии H_{α} (снимок сделан на двойном спектрогелиографе Крымской астрофизической обсерватории 23 августа 1959 г.)

фрактальных линий иона кальция в активной области и над пятнами.

Спектральные исследования нестационарных процессов успешно дополнили кинематографические исследования движения солнечной плазмы в лучах линии водорода H_{α} . Так, в 1954 г. в Крымской астрофизической обсерватории, где впервые в нашей стране применили эту методику, были зарегистрированы быстрые движения в солнечных вспышках, которые до этого считались всегда стационарными образованиями (Е. Ф. Шапошникова и др.).

Связь различных вспышек с темными выбросами и протуберанцами была рассмотрена Ю. М. Слоним (1957—1961 гг.) в Ташкентской обсерватории. Она обнаружила, в частности, что появление быстрых абсорбционных выбросов характерно для импульсивных вспышек, у которых хорошо выражена взрывная фаза — быстрый подъем к максимуму яркости. В Крыму же найдено, что вспышки сопровождаются учащением появления темных выбросов и что каждый такой выброс связан со вспышкой; для вспышки характерен также подъем ве-

щества фотосферы и усиление выбросов из хромосферы (С. И. Гопасюк и др.).

Движения солнечных протуберанцев отражают очень своеобразное поведение солнечной плазмы. Попытка выяснить основные типы таких движений, сделанная в Крыму, привела к ориентировочному делению всех протуберанцев на три класса: электромагнитные — с регулярным движением вещества вдоль траекторий, сходных с силовыми линиями магнитных полей; спокойные, где движения хаотические, и эруптивные, в которых наблюдается выброс всей массы протуберанца почти радиально от Солнца (А. Б. Северный, В. Л. Хохлова).

Фундаментальное значение для понимания процессов, происходящих на Солнце, в особенности для понимания поведения солнечной плазмы, имеют исследования магнитных полей. У нас систематические измерения магнитных полей солнечных пятен были начаты фотографическим способом в 1954 г. в Крымской астрофизической обсерватории на башенном солнечном телескопе (А. Б. Северный, В. Е. Степанов).

Фотографический метод, однако, позволяет обнаруживать только сильные магнитные поля. Для изучения же слабых полей на том же телескопе в 1956 г. был применен фотоэлектрический метод измерения магнитных полей с помощью магнитографа. В настоящее время магнитографы работают также в Москве, Иркутске и Пулковке.

Результатом большой кооперативной работы по измерению магнитных полей

солнечных пятен за период Международного геофизического года явилось создание подробного каталога магнитных полей и полярностей пятен (В. Е. Степанов, Е. Ф. Шапошникова, Н. Н. Петрова, 1963 г.).

Хотя метод фотоэлектрической регистрации слабых полей в 1953 г. впервые успешно использовал Г. Бэбкок на обсерватории Маунт Вилсон (США), американские исследователи пошли главным образом по пути качественного изучения картины распределения продольного магнитного поля по диску Солнца с невысокой разрешающей силой. Это привело их к сильному осреднению и огрублению поля и отчасти к ошибочным выводам. Основным отличием метода, примененного в Крымской астрофизической

обсерватории, от американского является увеличение разрешения по диску Солнца примерно в 50 раз. Кроме того, в Крыму впервые была реализована возможность фотоэлектрических измерений поперечной составляющей и полного вектора поля (В. Е. Степанов и А. Б. Северный, 1959; аналогичный метод был разработан в 1962 г. в ИЗМИРАНе — Э. И. Могилевский, Б. А. Иошпа и В. Н. Обридко).

Применение высокой разрешающей силы позволило обнаружить тонкую структуру магнитных полей (аналогичную тонкой структуре эмиссии). Так, в противовес укоренившимся представлениям, основанным на классических работах Дж. Хэйла, о магнитном поле пятен как о поле, сходном с

полем верхушки соленоида, выяснилось, что имеются серьезные отклонения от этой картины — вкрапления поперечных полей, завихрения поля, концентрация поля в отдельных жгутах и другие неоднородности, которые выявляются только при большом разрешении и путем фотоэлектрической регистрации поперечных полей (рис. 6). Открытие неоднородности полей на поверхности Солнца заставило заподозрить неоднородность поля по глубине. Был обнаружен эффект очень сильного вращения вектора поля с глубиной в области солнечных пятен. Интересно, что эти особенности оказались характерными для областей, где возникают различные нестационарные процессы («усы», вспышки). Для таких областей харак-

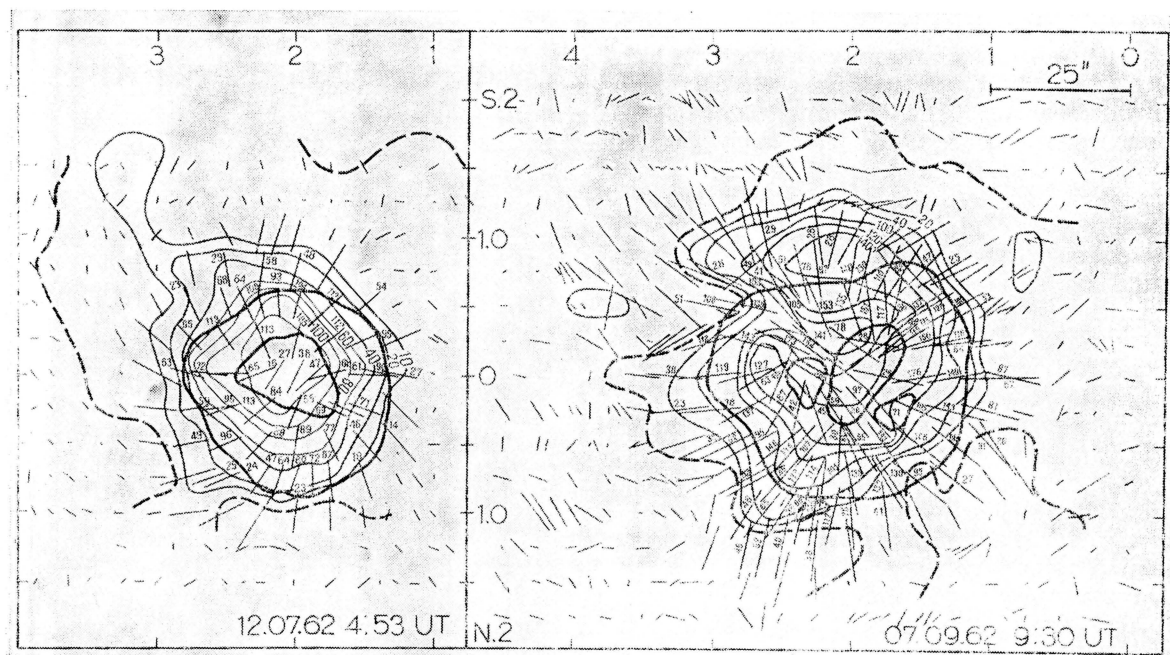


Рис. 6. Тонкая структура продольного (сплошные тонкие линии — изогуссы продольного поля) и поперечного (стрелки) поля одиночных пятен

терно также появление поблизости сильных электрических токов, что лишний раз говорит в пользу фундаментальной роли электромагнитных полей в процессах на Солнце. Эти особенности магнитных полей неустойчивы. Измерения, выполненные в 1957—1964 гг. и позднее в Крымской обсерватории, показали, что, например, с сильными вспышками связаны «спазматические» изменения магнитного поля: перед вспышкой поля усложняются, градиенты поля растут, «холмы» рельефа продольного поля и иногда солнечные пятна сближаются; после сильной вспышки поле упрощается, градиенты падают, «холмы» поля, а порой и сами пятна расталкиваются.

Появление пятен и их развитие из магнитных «холмов» с напряженностью около 100 гс, согласно Г. Я. Васильевой (1963 г.), также может сопровождаться сильными нестационарными процессами, изменением магнитного поля «холма» и резким изменением лучевой скорости. Концентрация сильных (более 1000 гс) полей в мелких порах найдена недавно Н. В. Степенко.

Оказалось, что не только пятна, но и общее (слабое) магнитное поле Солнца обнаруживает тонкую структуру (состоит из мелких элементов) и, хотя в среднем сходно с полем диполя, временами резко отличается от диполя и показывает сильную магнитную «асимметрию» (перевес магнитного потока одной полярности).

Изучение магнитного поля на Солнце требует разработки теории явления Зеемана — расщепления спектральных линий в магнитном поле — для линий поглощения,

возникающих в оптически плотной атмосфере Солнца. Для этого, в свою очередь, необходимо решить уравнения переноса излучения в случае магнитного поля. Решение было найдено В. Е. Степановым (1958, 1960, 1962 гг.) и затем Д. Н. Рачковским (1962 г.). В частности, последний получил некоторые точные решения задачи о переносе излучения и показал важное значение эффектов магнитного вращения.

В Крыму был получен ряд существенных данных о связи магнитных полей со структурой и характерными образованиями верхних слоев атмосферы Солнца. Например, В. Е. Степанов (1960—1961 гг.) подтвердил результаты американских авторов о тесной связи между кальциевыми флоккулами и магнитными полями. Т. Т. Цап (1963 г.) обнаружил, что магнитные поля возле пятен хорошо повторяют вихревую циклическую структуру хромосферы, видимую в лучах линии H_{α} . Все это свидетельствует о тесной связи строения и состояния верхних слоев атмосферы Солнца с магнитными линиями. В ряде случаев поля с солнечной плазмой выталкиваются на значительные высоты вместе с протуберанцами (Г. Зирин, американский ученый, работавший в Крыму, 1961 г.; Б. А. Иошпа, 1962 г.). Однако вопрос о взаимосвязи полей и движения плазмы в атмосфере Солнца продолжает оставаться одним из малоизученных и трудных вопросов физики Солнца.

Много внимания в СССР уделялось наблюдениям солнечных затмений, открывающих пока единственную возможность точного ко-

личественного изучения самых верхних слоев солнечной атмосферы — хромосферы и короны (рис. 7). Едва ли не наиболее важным результатом здесь явилось изучение структуры короны и ее связи с активными образованиями в низких слоях солнечной атмосферы. В 1954 г. Е. Я. Бугославская и С. К. Всехсвятский исследовали движения и физические характеристики деталей короны. В частности, они обнаружили, что яркие струи, возникающие иногда в хромосфере, лежат в основании корональных лучей и имеют одинаковый с ними наклон, что, возможно, связано с действием слабого местного магнитного поля. Была обнаружена периодичность монохроматического свечения короны с 11-летним циклом, и в частности открыт двухвершинный максимум свечения короны (М. Н. Гневнышев).

Среди теоретических работ, посвященных вопросам физики короны и хромосферы, в первую очередь должен быть упомянут расчет ультрафиолетового излучения короны и хромосферы, сделанный И. С. Шкловским в 1949 г. И. С. Шкловский впервые отметил важную роль рентгеновского излучения этих верхних слоев солнечной атмосферы в образовании D -слоя ионосферы Земли. Им же выполнено подробное теоретическое исследование химического состава и ионизации хромосферы и короны на основе наблюдений полной энергии, излучаемой короной в отдельных эмиссионных линиях.

В самое последнее время в связи с появившейся возможностью измерения рентгеновского и ультрафиолетового излучения Солнца с по-

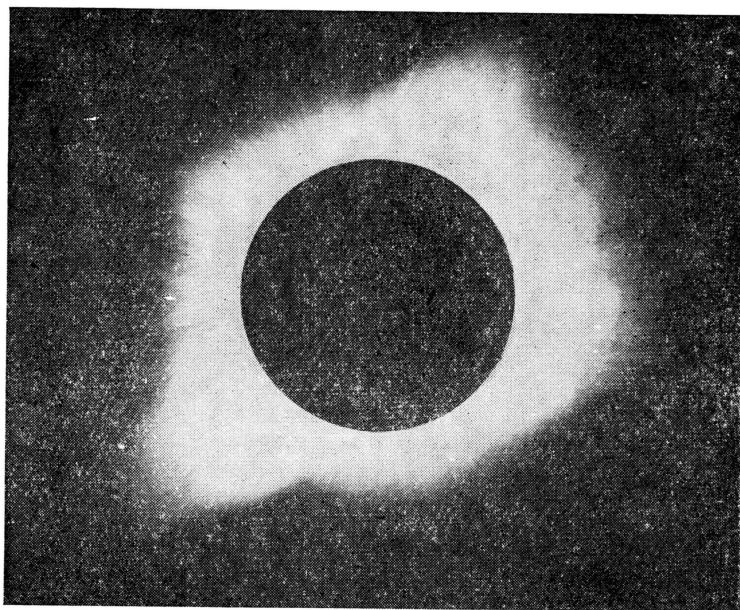


Рис. 7. Фотография солнечной короны во время затмения 25 февраля 1952 г. (по снимкам Ташкентской астрономической обсерватории)

мощью искусственных спутников Земли и ракет были выполнены ценные экспериментальные и теоретические исследования. Так, А. И. Ефремовым и др. (1961 г.) обнаружено усиление рентгеновского излучения во время солнечных вспышек, а С. Л. Мандельштамом и др. измерена радиация в ультрафиолетовой линии водорода L_{α} , получены фотографии Солнца в рентгеновских лучах (1961—1964 гг.) и недавно обнаружена рентгеновская вспышка в невозмущенной области Солнца.

Однако внеатмосферные исследования ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца пока еще не получили достаточного развития, что связано отчасти с трудностями осуществления подобных экспериментов. Несмотря на это, следует отметить некоторые важные работы по интерпретации ультрафиолетового спектра ко-

роны и хромосферы, выполненные Г. М. Никольским и Г. С. Ивановым-Холодным.

Теперь остановимся на проблеме воздействия Солнца на Землю. Наиболее успешно разрабатывался вопрос о солнечных корпускулярных потоках и их влиянии на Землю (Э. Р. Мустель и его сотрудники, 1963 г.; С. К. Всехсвятский, 1963 г.). Наиболее труден вопрос о локализации на Солнце источника солнечных корпускул, в частности тех, которые вызывают 27-дневные магнитные возмущения на Земле. Э. Р. Мустель (1942—1958 гг.) сделал вывод, что ответственными за магнитные возмущения являются центры активности (флюккулы), генерирующие корпускулы со скоростями от 150 км/сек до 500 км/сек. Анализируя особенность центров активности и раз-

личные типы геомагнитных возмущений, Э. Р. Мустель показал, что на Солнце существуют два типа корональных потоков. В «спокойных» областях Солнца, где нет факелов, имеется общее истечение газовых конденсаций, покидающих Солнце со скоростями 300—400 км/сек и несущих с собой «вмороженные» в них магнитные поля. Над активными областями (факелами) корона представляет собой скопление радиально направленных трубок силовых линий (R -лучи), далеко простирающихся в межпланетное пространство.

Представление о корональных лучах как о радиально направленных потоках частиц разрабатывалось также С. К. Всехсвятским и его сотрудниками. Они связывали положение этих потоков с хромосферными струями, и в частности с волокнами и протуберанцами. С этой точки зрения потоки, идущие из короны, могут уносить с собой магнитное поле. Ряд наблюдений, а также измерений на межпланетных станциях свидетельствуют о том, что это поле является бессиловым, т. е. в нем поведение плазмы определяется целиком магнитной силой (Э. И. Могилевский, 1965 г.).

В кратком обзоре трудно перечислить все основные достижения в области оптических исследований Солнца за истекшие 50 лет. Мы выделили лишь некоторые, иллюстрирующие уровень этих исследований, проверенные в какой-то степени в ходе последующих работ и характеризующие лицо советской гелиофизики. Наряду с ними были выполнены также отдельные фундаментальные исследования по распределе-

нию энергии в спектре Солнца (Г. Ф. Ситник), физическому состоянию протуберанцев и хромосферы (Г. С. Иванов-Холодный, Э. В. Кононович, Э. Е. Дубов и др.), закономерностям солнечной

активности (Б. М. Рубашев, М. Н. Гневышев, М. С. Эйгенсон и др.). Хотя советская гелиофизика имеет, как мы видели, немалые достижения, окончательное решение большинства проблем

ложится на плечи будущих поколений. Явления на ближайшей к нам звезде, названной Солнцем, хранят в себе очень много загадочного и непонятного нам до сих пор.



РАДИОЛОКАЦИЯ СОЛНЦА НА ВОЛНЕ 7,9 м

С апреля 1961 г. на станции Эль Кампо в штате Техас (США) под руководством Дж. Джеймса проводится радиолокация Солнца с точным измерением доплеровских сдвигов отраженного сигнала. Радиолокация осуществляется один раз в день при прохождении Солнца через диаграмму направленности антенны. Посылка сигнала в течение 16 минут и прием в течение последующих 16 минут. Средняя мощность посланного сигнала 500 кет.

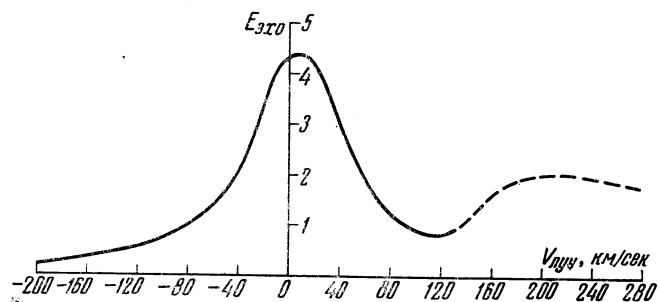
Средний уровень отражения сигнала (показатель преломления равен 0) на волне 7,9 м лежит на расстоянии $1,05 \div 1,25$ солнечных радиусов ($R_{\odot}$) от центра Солнца. Но вследствие неоднородности электронной плотности в короне положение уровня меняется ото дня ко дню и имеет протяженность по глубине порядка половины радиуса Солнца. Иногда наблюдаются отражения от неоднородностей внешней короны (до $2,5 R_{\odot}$), приходящие раньше главного эха.

Средняя мощность отраженного сигнала за два—три месяца хорошо коррелирует с трехмесячными значениями относительных чисел пятен, т. е. солнечной активностью. В довольно активный период 1961—1962 гг. мощность отраженного сигнала соответствовала отражению от идеально отражающей сферы с поперечным сечением $20 \pi R_{\odot}^2$. Заметим, что по-

добная корреляция для ежедневных значений мощности отраженного сигнала и относительных чисел пятен не обнаружена. Это говорит о статистическом характере связи — число неоднородностей в короне лишь в среднем зависит от числа пятен.

Самым важным в работе Дж. Джеймса является изучение скоростей неоднородностей. Исследования показали, что корональные неоднородности движутся со скоростями большими или равными 100 км/сек. Распределение энергии отраженного радиосиг-

нальные хаотически направленные скорости. Возможно, здесь наблюдаются именно те ударные волны, которые ответственны за нагрев короны. Наблюдаемые скорости, по мнению Дж. Джеймса, соответствуют скоростям истечения вещества с Солнца — солнечному ветру, теория которого разработана Е. Паркером, но только в предположении высокой температуры в короне (выше $2 \cdot 10^6$ °К). Заметим также, что на больших высотах появляются неоднородности с существенно большими скоростями — около 200 км/сек (см.



нала в зависимости от лучевых скоростей приведено на рисунке. Некоторая асимметрия пика относительно вертикальной оси указывает на существование движения массы вещества как целого наружу со скоростью порядка 5—10 км/сек. Рассматриваемый максимум может объясняться только отражением на фронтах ударных волн, имеющих довольно

пунктир на рисунке). Появление таких быстро движущихся сгустков, обуславливающих отражение радиосигналов, не может быть полностью связано с локальным изменением температуры, а требует увеличения плотности не менее чем в десять раз.

«Astrophysical Journal», 146, 356, 1967.

ФИЗИКА ВЕТРОВЫХ ВОЛН

В. В. ШУЛЕЙКИН,
академик

В статье рассказано, как вычисляются размеры ветровых волн по заданной скорости ветра, времени его воздействия на поверхность моря (или озера) и заданным местным условиям: глубине моря, расстоянию от берега, с которого дует ветер.

Волны, создаваемые ветром в океане, на морях, озерах и искусственных водохранилищах, до настоящего времени представляют серьезную угрозу даже для больших судов и для береговых сооружений. Достаточно напомнить, что несколько лет назад большой советский сухогрузный теплоход был разбит, опрокинут и затоплен штормовыми волнами совсем недалеко от берегов Португалии в Атлантическом океане. Такие катастрофы совсем не редки, несмотря на совершенство современной судостроительской техники. Не редки случаи разрушения массивных деталей современных молов, волноломов. Наконец, в последние годы советскими исследователями доказано, что штормовые волны повинны в катастрофических наводнениях, которые не так давно постигли южное побережье Северного моря и юго-западные берега Англии. В значительной степени повинны

они и в наводнениях, происходящих в Ленинграде.

Поэтому естественно было посвятить много труда разработке методов *расчета* ветровых волн по заданной скорости ветра, времени его воздействия на поверхность воды и заданным местным условиям. Уже 30 лет назад ленинградский гидродинамик В. М. Маккавеев наметил наиболее правильное направление в исследованиях на эту тему. Его предложения были приняты и отечественными, и иностранными авторами, но все они были вынуждены строить расчетные формулы и графики путем кропотливого подбора чисто эмпирических коэффициентов: не были ясны многие элементы *физики* ветровых волн, не были известны важные характеристики движения водных частиц на волне, не была известна даже причина нарастания длины волн под действием ветра, не был выяснен закон изменения крутизны волн при их развитии. Ни к чему не привели попытки определить недостающие сведения в природных условиях: в океане, на морях, на озерах. Они лишь дополнили сводки эмпи-

рических коэффициентов, не связанных теоретическими идеями.

Обстановка в этой области физики моря существенно изменилась, когда был нами найден новый *экспериментальный* метод исследования ветровых волн в лаборатории нового типа — в кольцевом бассейне достаточно больших размеров, в котором ветер может как угодно долго воздействовать на волны. Конструкция его была предложена автором еще в 1938 г.; в 1940 г. была построена модель в 1/10 натуральной величины, а после Отечественной войны, в 1953 г., вошел в строй большой бассейн на берегу Черного моря, в Кацивели, в Черноморском отделении Морского гидрофизического института Академии наук СССР (в настоящее время состоит в ведении АН УССР)*.

Общий вид сооружения представлен на рис. 1. Это — кольцевой стальной бассейн с внешним диаметром 40 м,

* Содержание доклада, прочитанного автором на II Международном океанологическом конгрессе в 1966 г.

* И. А. Хвостиков. Двойной юбилей (Вопросы физики моря). «Земля и Вселенная», № 4, 1967 г.

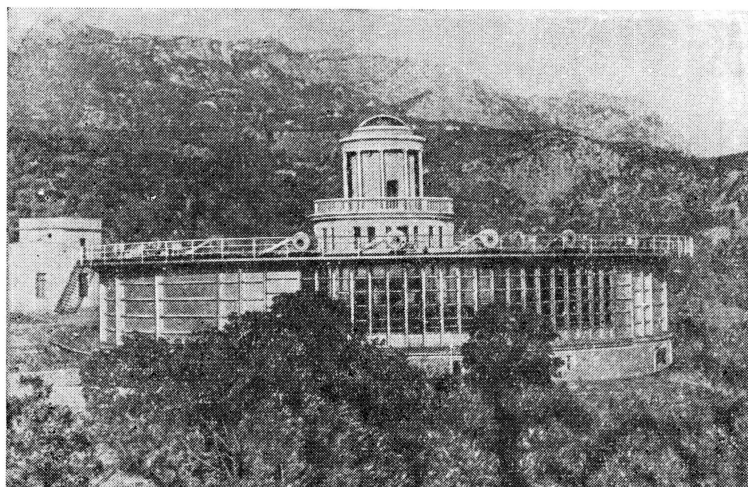


Рис. 1. Общий вид штормового бассейна

шириной 2 м и высотой 5 м (над каменным фундаментом). Из них 3 м можно заполнять морской водой, над которой по кольцу сечением 2×2 м движется воздух со скоростями до 19 м/сек, т. е. до скорости девятибалльного шторма. По этой причине сооружение получило название штормового бассейна. Наиболее удобными для работы оказались скорости ветра 12—13 м/сек, при которых через 3 часа ветровые волны могут достигать 20—25 м в длину и 1,2—1,5 м в высоту. Сразу выяснилось, что даже профиль мертвой зыби, остающейся в бассейне после выключения воздуходувок, несколько отличается от трохойды. Совсем не похожи на трохойду профили ветровых волн: их вершины сильно заострены и могут обладать вверху резко очерченным ребром, подошвы волн значительно тупее, чем у трохойд. Нами были найдены уравнения всего семейства профилей таких волн и впервые была выяснена физическая причина их заострения. Оказалось, что общеизвестная теория волн конечной

крутизны, предложенная в прошлом веке Дж. Стоксом, не точна. Английский гидродинамик полагал, что на вращательное движение водных частиц налагается поступательное движение с малой постоянной скоростью. В действительности, как нам удалось показать, скорость этого «волнового течения», или стокова течения, пульсирует: достигает удвоенного стокова значения у подошвы волн и обращается в нуль на вершинах. В случае ветровых волн обнаружены (и теоретически, и экспериментально) еще более резкие пульсации дрейфового течения, скорость которого прежде также считалась постоянной в продолжение одного периода волн: в действительности скорость дрейфового течения достигает максимума у подошв и минимума у вершин волн.

В результате мы представляем движение водных частиц на волне следующим образом: а) частица движется по круговой орбите вокруг некоторого центра, б) сам центр колеблется гармонически в горизонтальной плоскости от-

носительно точки, которая, в свою очередь, движется поступательно со скоростью, равной сумме осредненной скорости дрейфового и стокова (волнового) течений. Возможна и иная интерпретация этого закона движения: даже при громадных глубинах океана или моря частица движется на волне по эллиптической орбите, которая тем больше растянута в горизонтальном направлении, чем больше скорость ветра и чем больше крутизна волн; в свою очередь, центр эллипса движется поступательно с упомянутой осредненной скоростью.

На рис. 2 изображены три варианта движения частиц в системе координат, равномерно движущейся с такой «осредненной суммарной» скоростью. Вверху — возникла чистая трохойда, которая была бы возможна лишь при отсутствии поступательных движений с переменными скоростями (она уцелела лишь на страницах книг, содержащих устарелые описания волнового движения). В среднем ряду, благодаря небольшим колебаниям центра вращения относительно равномерно движущейся точки, возникла эллиптическая траектория частицы. Тем самым вызвано заострение вершин и затупление подошв волн. Внизу представлен предельный вариант, возможный в данных условиях. Здесь амплитуда колебаний центра вращения наибольшая; соответственно увеличилось растяжение эллипса в горизонтальном направлении и очень заострились вершины волн. При переходе через такой предел движение становится неустойчивым, и вершины разрушаются с образованием хорошо извест-

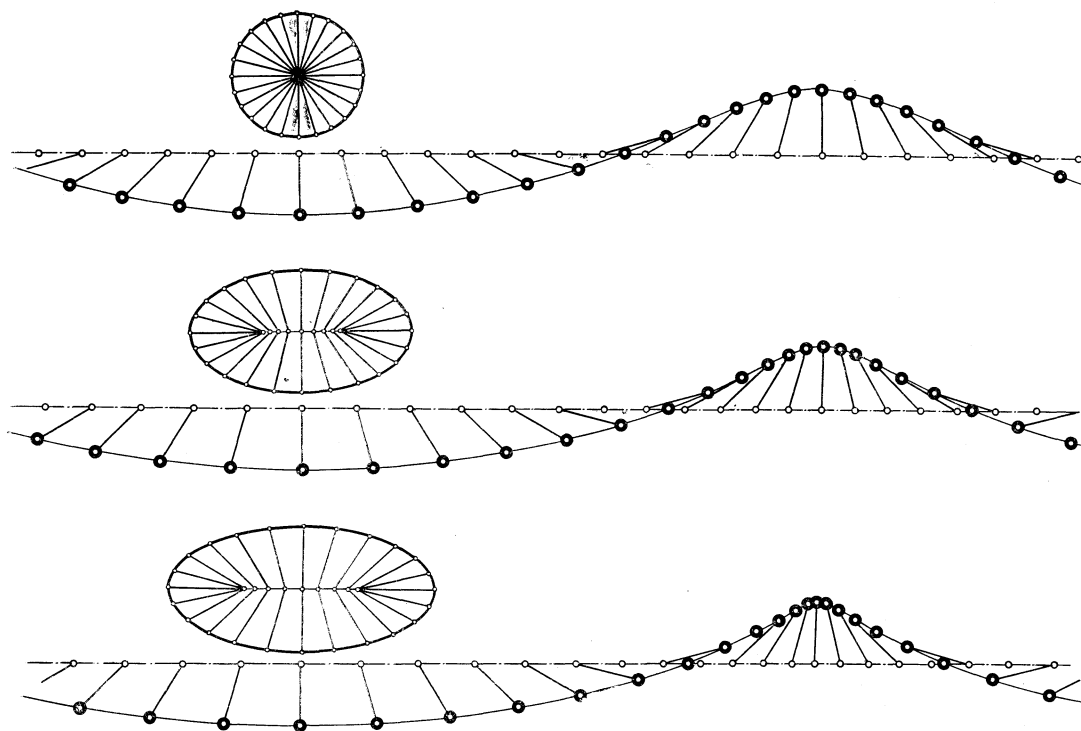


Рис. 2. Движения водных частиц, благодаря которым заостряются вершины ветровых волн

ных «барашков» («беляков»). Это происходит в сколь угодно глубоких океанах и морях.

Совсем иные причины вызывают частичное разрушение волн на мелководье. Это явление впервые пытался теоретически объяснить английский геофизик Г. Джеффрис. Для анализа он применил метод, который еще в прошлом веке был предложен его соотечественником астрономом Дж. Эри для исследования приливных волн в условиях мелководного моря. Нами было обнаружено, что схемы упомянутых авторов не могут описать действительную картину явления ни в применении к волнам прилива, ни в применении к ветровым волнам.

На самом деле, результаты, согласные с наблюдениями и с основными принципами ме-

ханики, дает теоретическая схема автора, подсказанная уравнением неразрывности. Из уравнения следует, что фазовая скорость волн на мелководье должна *зависеть от фазы*: вершины профилей волн должны двигаться быстрее, чем движутся точки на подошвах профиля волн. Исходя из этого положения, мы вычислили профили волн, искаженные под влиянием мелководья, и построили, в частности, те два профиля, которые изображены на рис. 3.

Вверху представлена искаженная мертвая зыбь в момент, предшествующий частичному разрушению ее вершины. Внизу — искаженная ветровая волна того типа, какой представлен в нижнем ярусе (см. рис. 2). Она тоже должна разрушиться (частично), так как фронт ее принял

отвесное положение. Теоретические профили совпали с полученными на photographиях в штормовом бассейне и с наблюдаемыми в природных условиях.

Совсем недавно удалось подтвердить нашу теорию, проинтегрировав осложненное уравнение искаженной волны на большой электронной машине Московского университета. Выводы новой теории оказались полезными не только с принципиальной стороны, но и с практической: они дают возможность вычислять потерю энергии волн, распространяющихся на мелководье, именно за счет частичного разрушения вершин волн, а это — как будет сказано далее — очень важно для расчета ветровых волн на морях и озерах ограниченной глубины.

Исследования по кинематике водных частиц, движущихся на волне, позволили уточнить элементы *динамики* ветровых волн, намеченные в работах А. И. Некрасова. При действительном, очень сильном заострении вершин ветровых волн оказалась недостаточной поправка, которую внес А. И. Некрасов в формулу для полной энергии волн. Кроме его поправки к выражению кинетической энергии волн, мы внесли еще поправку к выражению *потенциальной* энергии волн, резко отличающихся от трохлоид по своему профилю. Полной поправкой можно пренебрегать в большинстве практических расчетов, но она играет *решающую роль* при выводе новой теоремы в теории ветровых волн. Эта теорема, выведенная автором, вскрыла причину и закон *нарастания длины* волн под действием ветра. Она вытекает из общеизвестной связи между моментом количества движения системы и моментом внешних действующих сил. В данном случае момент количества движения какой-то одной водной частицы равен произведению мгновенного значения ее скорости на массу и на длину перпендикуляра, опущенного на направле-

ние скорости из центра моментов (в качестве центра моментов принято положение покоя водной частицы на поверхности моря). Общий суммарный момент количества движения, в расчете на единицу площади моря, находится путем интегрирования элементарных составляющих. Момент действующих сил определяется из выражения мощности, передаваемой волнам от ветра, при известной угловой скорости орбитального движения частиц. Именно здесь пригодилось уточненное выражение мощности, которую ветер передает *заостренным* волнам.

В результате несложных выкладок оказалось возможным найти закон нарастания *длины волн* λ под действием ветра при постепенном нарастании их высоты h . Этот закон представлен графически кривой 1 на логарифмической сетке (рис. 4). По оси абсцисс отложены логарифмы отношения h/h_0 , а по оси ординат — логарифмы отношения λ/λ_0 — слева от диаграммы. При соответствующих точках надписаны сами числовые значения h/h_0 и λ/λ_0 . Здесь через h_0 обозначена высота волн в тот момент, когда они на начальных этапах развития проходят через стадию

наибольшей возможной крутизны $h_0/\lambda_0 = 1/7$. Через λ_0 обозначена длина волн на этой стадии развития. Как видим, нарастание высоты волн в 60 раз по сравнению с h_0 приводит к нарастанию длины волн в 200 раз по сравнению с λ_0 .

В полном соответствии с измерениями в штормовом бассейне и измерениями в природных условиях (разумеется, менее точными по сравнению с лабораторными) крутизна волн непрерывно уменьшается после прохождения ее через значение $1/7$. Закон уменьшения крутизны h/λ представлен кривой 2 (рис. 4), причем значения h/λ проставлены вдоль оси ординат справа от диаграммы. Как уже упоминалось, наибольшее значение $h_0/\lambda_0 = 1/7 = 0,143$. Если бы волны в океане могли достигать бесконечно больших размеров, то предельное значение крутизны их упало бы до $h_\infty/\lambda_\infty = 0,04$, т. е. до $1/25$. При условиях, существующих в природе, это значение недостижимо: предел, к которому стремится уменьшающаяся крутизна волн, характеризуется числом $1/21$.

Полученное впервые теоретическое выражение крутизны волн позволило нам

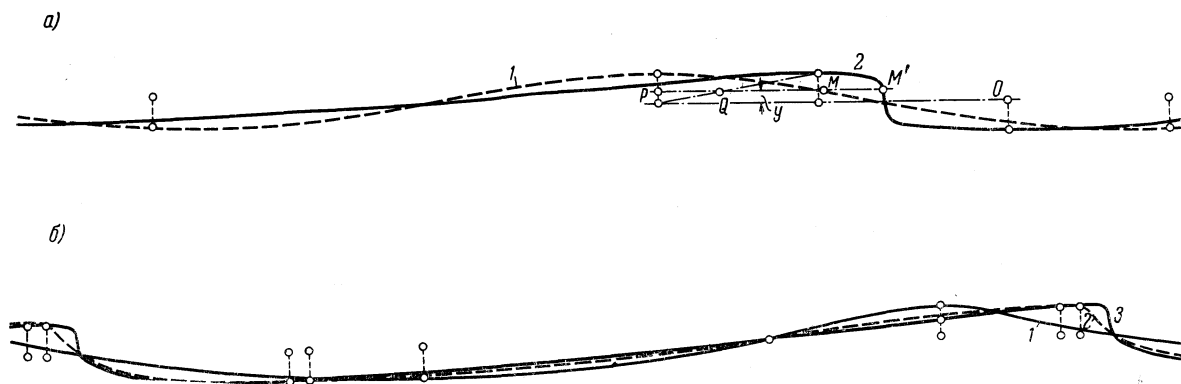
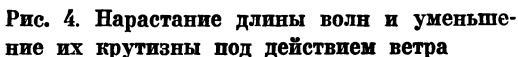


Рис. 3. Искажение профилей мертвой зыби и ветровой волны под воздействием мелководья



Здесь высота ветровых волн η , отсчитываемая по вертикали вверх, выражается в условных единицах. В ус-

Рис. 5. Диаграмма нарастания ветровых волн и распределения установившихся волн на различных расстояниях от наветренного берега

Рис. 5. Диаграмма нарастания ветровых волн и распределения установившихся волн на различных расстояниях от наветренного берега

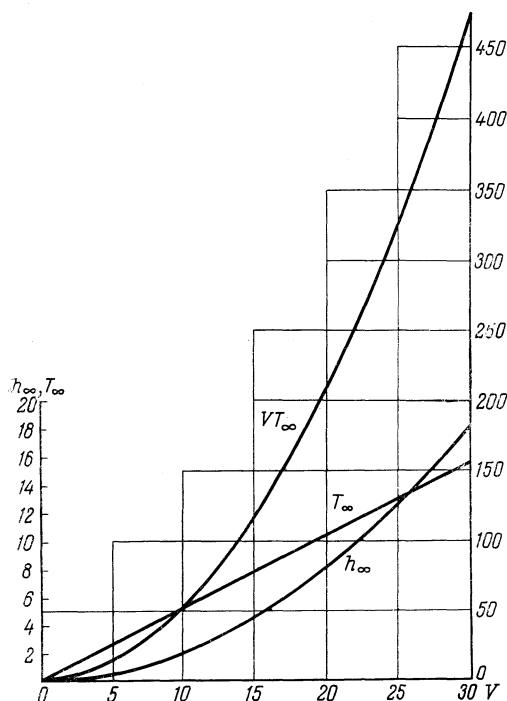


Рис. 6. Наибольшая высота и наибольший период волн 5-процентной обеспеченности при различных скоростях ветра

установившегося волнения должна зависеть от того расстояния ξ , на котором лежит исследованная область от наветренного берега. Характер этой зависимости легко обнаружить, перейдя на другое «крыло» поверхности — на «крыло» τKO . Допустим, что с начала шторма прошло время $\tau = 2$ (выраженное в условных единицах). Поднимаясь по соответствующей кривой на крыле τKO , мы снова дойдем до ребра OK , после которого вступим на прямую, параллельную оси ξ . Это значит, что на любом расстоянии ξ волны будут той же высоты, какой они были при достижении ребра OK , но будут уже не установившимися, а развивающимися, причем развиваться они будут по общему закону, независимо от

дальнейшего увеличения расстояния ξ .

Для практических целей — для расчета развивающихся или установившихся волн в океане или на глубоком море — мы перешли от теоретических кривых, изображенных на рис. 5, к рабочим диаграммам, связывающим между собой искомые элементы ветровых волн и заданные параметры задачи. Прежде всего, на основании многочисленных инструментальных измерений, проведенных различными отечественными и иностранными авторами, была установлена единственная чисто эмпирическая зависимость между скоростью ветра V и наибольшей высотой волн в океане, какие этот ветер может создать с обеспеченностью

5% (т. е. за какой предел будут выходить 5 волн из 100?). Эта эмпирическая зависимость выражена кривой h_{∞} (рис. 6). Кривая вполне соответствует нашим теоретическим представлениям, согласно которым h_{∞} должна возрастать пропорционально V^2 . Коэффициент пропорциональности является единственной эмпирической константой, которая нам потребовалась для дальнейших расчетов. Через h_{∞} условимся выражать относительную высоту η , которая войдет на все рабочие диаграммы. Положим, что искомая высота ветровых волн равна h . Тогда надо будет записать $\eta = h/h_{\infty}$.

На той же диаграмме (рис. 6) прямая T_{∞} выражает зависимость между заданной скоростью ветра V и максимальным значением периода волн T_{∞} , которые могли бы развиваться в неограниченно простирающемся океане под действием этого ветра, дующего неограниченно долго. Третья кривая, отмеченная на рис. 6 буквами VT_{∞} , нужна для дальнейших расчетов: она показывает, каково значение произведения V на T_{∞} при различных заданных скоростях ветра V (T_{∞} — в секундах, VT — в метрах).

Для расчета высоты развивающихся волн в океане служит рабочая диаграмма (рис. 7), построенная по нашей теории. Здесь по оси абсцисс отложены значения t/T_{∞} , где t означает заданный срок воздействия ветра (в часах), а T_{∞} — величина, определенная по диаграмме (рис. 6), применительно к заданному значению V . По оси ординат отложены соответствующие значения η . При расчетах океанских волн или волн на очень глубоком

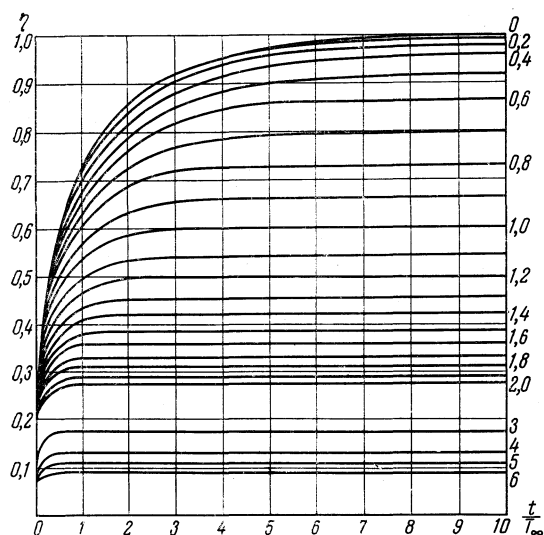


Рис. 7. Диаграмма для расчета высоты развивающихся волн

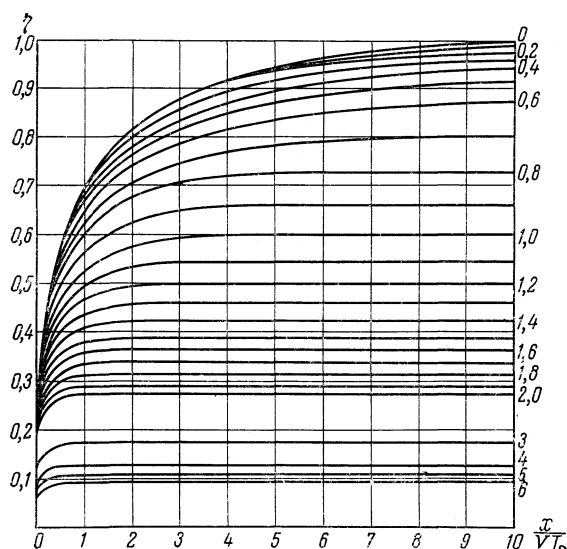


Рис. 8. Диаграмма для расчета высоты установившихся волн

море надо пользоваться самой верхней кривой диаграммы (рис. 7), против которой поставлена цифра «0».

Высоту установившихся волн можно определить по рабочей диаграмме (рис. 8). Здесь по оси абсцисс отложены значения величины x/VT_{∞} , причем x означает расстояние от наветренного берега, выраженное в километрах, а VT_{∞} — соответствующая величина, снятая с диаграммы (рис. 6) и выраженная в метрах. По оси ординат отложены искомые значения $\eta = h/h_{\infty}$, причем теперь h — высота установившихся волн.

Определив η для установившихся волн, так же как и определив η для развивающихся волн по предшествующей диаграмме (рис. 7), легко получить искомую высоту волн в метрах, помножив η на h_{∞} , взятую с диаграммы рис. 6. Столь же просто определяются и другие элементы ветровых волн. Так на рис. 9

представлена рабочая диаграмма, по которой можно определить длину λ и период T волн (развивающихся или установившихся). Надо лишь заметить ту точку на оси абсцисс рис. 9, которая отвечает уже найденному значению η . Тогда по кривой λ/h можно будет найти, во сколько раз искомая λ больше, чем уже найденная h . Перемножив λ/h и h , найдем длину волн. Аналогично, по найденной точке на оси η диаграммы рис. 9 определим ординату кривой T/T_{∞} . После этого останется лишь помножить соответствующее значение T/T_{∞} на T_{∞} , снятое с диаграммы (рис. 6).

Результаты расчетов по нашим рабочим диаграммам получили подтверждение в многочисленных экспедициях, на обсерваториях, на морских гидрометеорологических станциях. Диаграммы оказались пригодными и для «перевода на язык электронных вычислительных машин»: по

заданной синоптической карте какого-либо большого района океана можно получать сведения о волнении, развившемся в этой области за тот или иной срок.

Расчеты выполнимы и при меняющемся ветровом режиме. В частности, на рис. 10 кривой h представлено нарастание высоты волн при прохождении тропического урагана в Атлантическом океане и последующее затухание волн. Пунктирная кривая V показывает изменения скорости ветра при прохождении системы урагана через исследуемую точку. Максимальная скорость ветра достигала здесь 60 м/сек и быстро падала до нуля в «оке» урагана*. Вслед за тем ветер менял направление на прямо противоположное. Это изображено отрезком кривой, находящимся под осью абсцисс.

* С. П. Хромов. Тропические ураганы. «Земля и Вселенная», № 2, 1966 г.

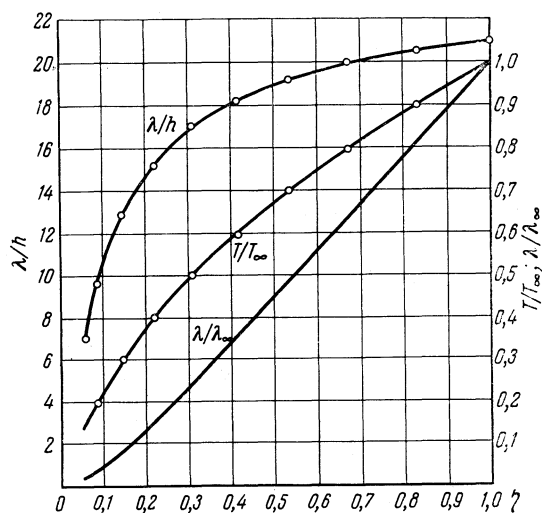


Рис. 9. Диаграмма для расчета длины и периода ветровых волн

Как видим, вычисленная максимальная высота волн, развившихся в данном случае, составляет около 12,5 м. К сожалению, отсутствуют сколько-нибудь надежные инструментальные измерения волн при прохождении тропических ураганов, но, по косвенным соображениям, следует признать результаты наших вычислений вполне правдоподобными.

Остается упомянуть о работах по физике ветровых волн на мелководных морях, озерах. Теория развития волн здесь осложняется наличием потерь энергии волн на частичное разрушение вершин под действием мелководья (о котором говорилось выше). Обстоятельные исследования этих явлений, произведенные на озере Белом А. П. Хваном, позволили ему построить теоретическую диаграмму, аналогичную нашей (рис. 5). Осталось распространить анализ на самый общий, и при том самый сложный случай — случай расчета волн на морях про-

извольной глубины. Этот анализ произвели студенты Московского университета Гао Вень-сю и Ван Сяо-нань под руководством автора. Оказалось возможным нанести на рабочие диаграммы (рис. 7 и 8) целое семейство кривых, позволяющих вести расчет волн на морях любой глубины. При этом выяснилось, что динамической характеристикой мелководности моря должно служить частное от деления скорости ветра V на корень квадратный из произведения ускорения в поле тяжести g на глубину моря H , т. е. величина $V/\sqrt{gH}$. Значения этого «критерия мелководности» нанесены справа от диаграмм (рис. 7 и 8). Как уже было сказано, знак

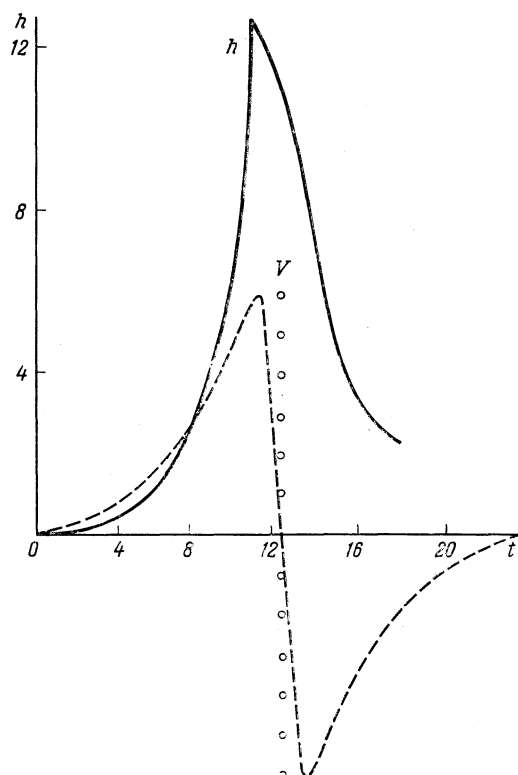


Рис. 10. Изменения высоты волн при прохождении тропического урагана

«0» проставлен при кривой, построенной для океана или очень глубокого моря.

Все расчеты, производимые на основании наших исследований по физике ветровых волн, относятся к волнам с 5% обеспеченностью. Современные исследования других авторов в области статистики ветрового волнения позволяют найти переход от этих параметров к параметрам волн *любой* иной обеспеченности: 1, 2, 10% и т. д.

Эти исследования по статистике волн, которые в нашей стране начаты по инициативе Ю. М. Крылова, должны быть еще усовершенствованы в некоторых направлениях: не все существ-



СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Юбилейная сессия Астрономического совета Академии наук СССР

К 50-летней годовщине Октябрьской революции советская астрономия приходит с новыми крупными достижениями и с широкими перспективами дальнейшего развития научных исследований. Уже сейчас астрономическая тематика включена в планы научно - исследовательских работ почти 50 учреждений: астрономических обсерваторий и институтов Академии наук СССР, республиканских академий, университетов, научно-исследовательских институтов смежного профиля — физических, геофизических и других.

Значительно обогатилось научное оборудование обсерваторий. К инструментам, введенным в строй в последние годы, — 2,6-метровому рефлектору Крымской астрофизической обсерватории, 1-метровому телескопу Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории, 1,25-метровому рефлектору ГАИШ — в 1966 г. добавились 2-метровый рефлектор Шемахинской астрофизической обсерватории, 0,8-метровый телескоп Шмидта Астрофизической лаборатории АН ЛатвССР, большой коронграф Кисловодской горной

станции ГАО АН СССР и другие. В недалеком будущем предполагается сооружение еще ряда астрофизических и астрометрических инструментов, которые значительно расширят наблюдательные возможности советских обсерваторий.

Астрономические исследования в СССР ведутся практически во всех областях астрономии.

Большое научное значение имеют комплексные исследования солнечной активности, исследования общего магнитного поля Солнца, закономерностей движений в короне,

вующие статистические соотношения подтвердились в экспедиционной и обсерваторской практике. В частности, такие экспедиционные исследования по статистике ветрового волнения ведутся на экспедиционном судне «Михаил Ломоносов» Морского гидрофизического института АН УССР, под руководством Л. А. Корневой. Систематические исследования в береговых условиях ведутся ею в Черноморском

отделении Морского гидрофизического института. На Сочинской волновой станции работают сотрудники Ю. М. Крылова.

В отличие от большого числа иностранных работ по статистике морского волнения, исследования в СССР в настоящее время опираются

ЧТО ЧИТАТЬ ПО ТЕМЕ СТАТЬИ?

В. В. Шулейкин. Краткий курс физики моря. Гидрометеоздат, Л., 1959.

В. В. Шулейкин. Очерки по физике моря. Изд. 4-е, «Наука», М., 1962.

на основные принципы механики, изложенные выше применительно к ветровым волнам, а не на формальные построения, которыми приходилось ограничиваться до появления новых работ по кинематике и динамике ветровых волн.



В президиуме Юбилейной сессии Астросовета слева направо: академики А. А. Михайлов, В. А. Амбарцумян, член-корреспондент АН СССР Э. Р. Мустель и академик АН ГрузССР Е. К. Харадзе

хромосфере и фотосфере Солнца.

Успешно ведутся радиоастрономические и радиолокационные исследования планет, инфракрасные наблюдения Луны и планет, спектроскопические исследования планетных атмосфер, поляриметрические наблюдения. Большой интерес представляют теоретические исследования планетных атмосфер. Всесторонне изучаются метеоры, разрабатываются вопросы их физической теории.

Продолжают развиваться исследования внутреннего строения звезд, строения и динамики атмосфер нормальных и нестационарных звезд, разрабатываются теоретические вопросы звездной эволюции. Широко изучаются эмиссионные и отражательные туманности, взаимодействие газа и пыли в межзвездном пространстве, взаимодействие межзвездной среды и горячих звезд. Ведутся интенсивные исследования — наблюдательные и теоретические — переменных звезд.

Разрабатываются вопросы, связанные с образованием и развитием звезд и звездных систем, с проблемами звезд-

ной кинематики и динамики; по разнообразной программе проводятся наблюдения, результаты которых представляют собой ценный материал для изучения галактической структуры. Расширяются теоретические и наблюдательные исследования в области внегалактической астрономии.

Выполняются работы по составлению звездных каталогов различного назначения, в том числе советского «Каталога слабых звезд», разрабатываются проблемы внеземных астрометрических исследований, изучаются тонкие закономерности вращения Земли.

Разрабатываются математические теории движения естественных тел солнечной системы и искусственных космических объектов, теории вращательного движения небесных тел, ведутся качественные исследования движения в задаче трех и многих тел.

Интересные исследования проводятся в области истории астрономии.

Результаты оптических наблюдений искусственных спутников Земли используются для решения некоторых

геодезических задач, исследования закономерностей верхней атмосферы и т. д.

Обширная тематика научных исследований и участие в работе многих учреждений требуют хорошо налаженной взаимной информации и четкого взаимодействия всех обсерваторий и институтов. Координацию работ в области астрономии осуществляет Астрономический совет АН СССР.

Юбилейная сессия, посвященная 50-летию Октября, и очередной научно-координационный пленум Астросовета открылись 24 апреля 1967 г. в Тбилиси в только что выстроенном лабораторном корпусе Абастуманской астрофизической обсерватории. Для участия в работе сессии и пленума приехали около 100 астрономов — представители всех астрономических учреждений СССР и многочисленные гости.

После торжественного открытия сессии и приветственной речи, которую от имени Академии наук ГрузССР произнес Е. К. Харадзе, были заслушаны обзорные доклады ведущих советских специалистов об успехах исследований в различных областях астрономии за годы советской власти.

С интересным анализом развития звездноастрономических исследований в СССР выступил председатель комиссии Астросовета по звездной астрономии Е. К. Харадзе. Директор Крымской астрофизической обсерватории А. Б. Северный рассказал о достижениях советской физики Солнца, а председатель комиссии Астросовета по физике звезд и туманностей В. В. Соболев — о результатах теоретических исследований и наблюдений звезд и ту-

манностей. Об успехах и перспективах астрометрии доложил академик А. А. Михайлов. Председатель комиссии Астросовета по астроприборостроению Н. Н. Михельсон в своем докладе осветил историю советских астрономических обсерваторий и возможности их дальнейшего развития.

Пленарное заседание 26 апреля открылось докладом председателя Астросовета Э. Р. Мустеля о научно-организационной деятельности Астросовета в 1966 г. Рассказав о значительных успехах советской астрономии, докладчик отметил, что в дальнейшем необходимо улучшить снабжение обсерваторий специальными сортами фотоматериалов для астрономических наблюдений и некоторыми другими приемниками радиации. Введение в строй новых уникальных астрономических инструментов требует еще большего внимания к подготовке высококвалифицированных специалистов-астрономов.

Международным научным связям посвятила свое выступление заместитель председателя Астросовета А. Г. Масевич. Астрономические учреждения СССР в 1966 г. сотрудничали со многими зарубежными обсерваториями в области исследования переменных и сверхновых звезд, малых планет, физики и службы Солнца, в астрометрических исследованиях, изучении внутреннего строения и эволюции звезд. Большие успехи достигнуты в международных работах по наблюдениям искусственных спутников Земли. Синхронные наблюдения спутников по программе космической триангуляции позволили осуществить геодезические свя-



Председатель Астросовета член-корреспондент АН СССР Э. Р. Мустель выступает с докладом

зи на больших расстояниях, достигающих 6000—7500 км — между Каиром и Хабаровском, Ригой и Иркутском.

Выступавшие в прениях участники пленума Астросовета отметили необходимость совершенствования координации внеатмосферных астрономических исследований с классическими наблюдениями, вносили предложения, направленные на улучшение подготовки астрономических кадров, обсуждали пути развития астрономического приборостроения в СССР.

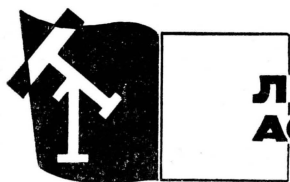
С большим вниманием пленум заслушал доклад директора Главной астрономической обсерватории АН СССР В. А. Крата о полете советской астрономической стратосферной станции и первых научных результатах, полученных с ее помощью. Председатель комиссии по физике планет Д. Я. Мартынов доложил о достигнутых в последние годы успехах в изучении планет и Луны. М. С. Зверев рассказал о работе и перспективах развития советской астрономической экспедиции в Чили. Ташкентское землетрясение было темой выступления директора Астрономи-

ческой обсерватории АН УзССР В. П. Щеглова. Б. К. Иоаннисиани и И. М. Копылов сообщили о ходе строительства астрофизической обсерватории Академии наук СССР на Северном Кавказе и нового уникального рефлектора для этой обсерватории.

27 апреля участники пленума Астросовета посетили Абастуманскую астрофизическую обсерваторию АН ГрузССР. Гости познакомились с программой и результатами научных исследований, проводимых на обсерватории, подготовкой астрономов-специалистов, побывали в ее астрономических башнях и лабораториях.

В решениях пленума намечены пути дальнейшего совершенствования научной и организационной деятельности советских обсерваторий. В избранный на пленуме новый состав Астросовета вошел 56 астрономов, представляющих все астрономические учреждения СССР. Новый состав Президиума Астросовета возглавляет член-корреспондент АН СССР Э. Р. Мустель.

*Н. П. ЕРПЫЛЕВ,
кандидат физико-математических наук,
ученый секретарь
Астросовета АН СССР*



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Успехи советской любительской астрономии

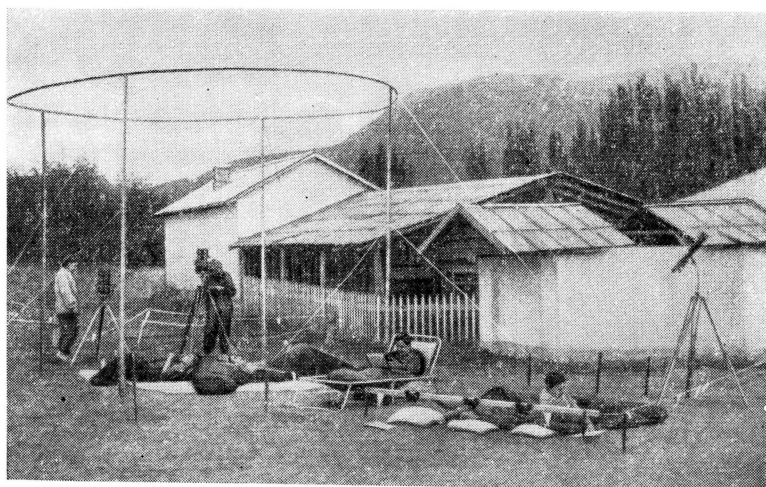
В. А. БРОНШТЭН

кандидат физико-математических наук,
ученый секретарь Центрального совета ВАГО

Сейчас, когда советская астрономическая наука подводит итоги своих достижений за 50 лет советской власти, интересно окинуть взглядом и гораздо более скромные, но вполне ощутимые успехи любительской астрономии в нашей стране.*

Иногда любительскую астрономию недооценивают, рассматривают лишь, как своеобразное «хобби», удовлетворение собственного интереса любителей к занятию наукой, и только. Некоторые профессиональные астрономы, пренебрежительно относясь к любительским наблюдениям, называют их «квазинаучными».

Эта точка зрения глубоко ошибочна. Есть целый ряд областей астрономии, где требуются многочисленные, но не очень квалифицированные наблюдения, про-



Подготовка к наблюдениям метеоров (экспедиция Симферопольского отделения ВАГО в Перевальном)

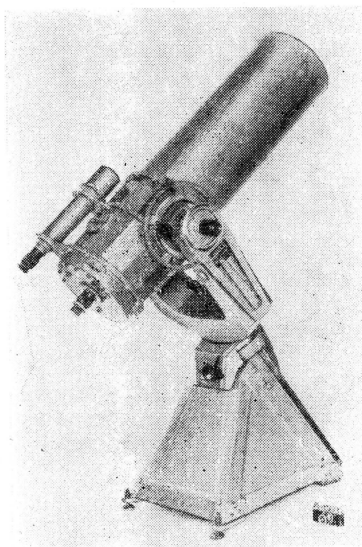
* Более подробные обзоры истории и достижений любительской астрономии в СССР уже были опубликованы. См. В. А. Бронштэн. Любительская астрономия в СССР. Журнал «Земля и Вселенная», № 1, 1965 г.; Е. П. Левитан. Настоящее и будущее советской любительской астрономии. Сборник «Земля и Вселенная», «Знание», 1966 г.

изводимые невооруженным глазом или с несложными приборами. Таковы наблюдения метеоров, переменных звезд, серебристых облаков, отчасти комет. Правильно организованные наблюдения солнечных затмений, Луны, планет, астроклимата, проводимые любителями, тоже могут иметь научное значение.

Но дело не только в этом. История советской любительской

астрономии дает нам немало примеров, когда крупные профессиональные мероприятия или специальные методы исследования начинались с работ любителей.

В 1928 г. в Нижегородском кружке любителей физики и астрономии — первой любительской организации в нашей стране (кружок был основан в 1888 г.) — группа наблюдателей переменных звезд по инициативе



Самодельный 32-сантиметровый рефлексор А. С. Фомина (Ленинград) в сравнении с фотоаппаратом «Зоркий»

Б. В. Кукаркина приступила к изданию бюллетеня «Переменные звезды». Много лет это издание (в котором участвовали и астрономы-специалисты) выпускалось кружком, после чего было передано в Астрономический совет АН СССР, который продолжает его издавать и поныне. Кроме советских ученых и любителей астрономии, в этом бюллетене публикуют свои статьи и наблюдения ученые социалистических стран. Бюллетень «Переменные звезды» давно приобрел международную известность.

В 1932 г. в СССР был получен первый снимок метеора через обтюратор, в 1934 г. — спектрограмма яркого метеора. Получили их молодые любители астрономии, члены метеорного отдела Московского отделения ВАГО К. П. Станюкович, Г. О. Затеищikov, И. Е. Васильев под руководством В. В. Федынского. В 1936—1938 гг. метеорный отдел провел ряд экс-

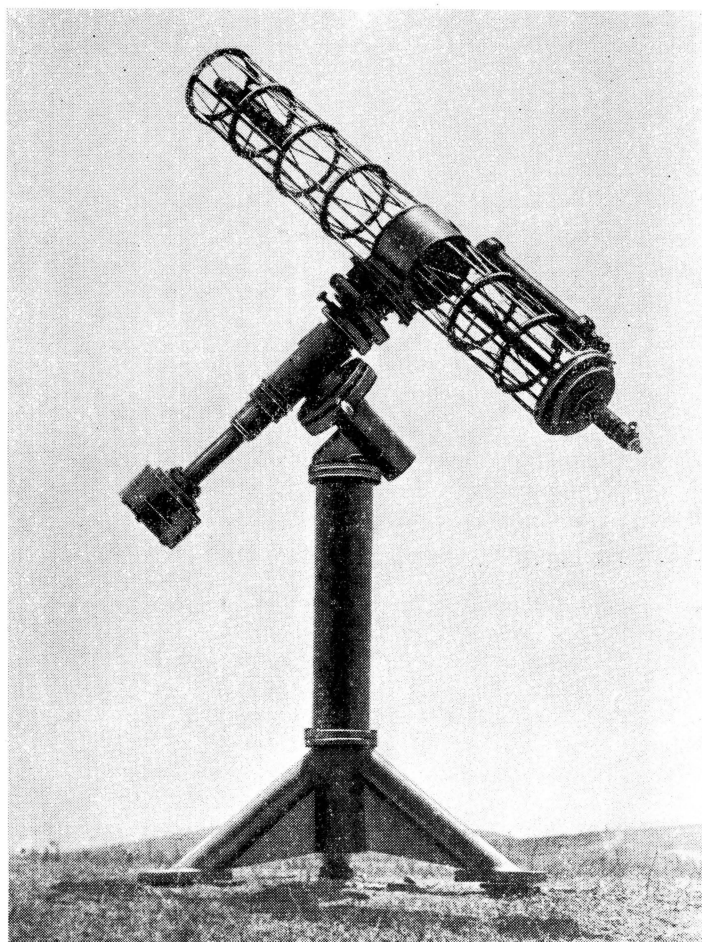
педиций на юг страны, где испытывался первый в СССР метеорный патруль.

Результаты этой работы были использованы при создании постоянно действующего метеорного патруля в Таджикской астрономической обсерватории (ныне Институт астрофизики АН Таджикской ССР). Теперь метеорные патрули работают во многих советских обсерваториях.

За 50 лет коренное изменение претерпели и методы любительских наблюдений. На смену визуальным наблюдениям, зарисовкам планет пришли инструмен-

тальные исследования, в первую очередь фотографические и фотометрические. Фотографическая фотометрия планет, лунных затмений, солнечной короны, оценки блеска переменных звезд по пластинкам, полученным на астрономических обсерваториях, успешное спектрографирование метеоров — вот методы современной любительской астрономии. На очереди — переход к фотоэлектрическим и радионаблюдениям небесных тел.

В настоящее время в Советском Союзе и во многих странах мира организована глобальная



Самодельный 26-сантиметровый рефлексор, изготовленный в Бакинском дворце пионеров под руководством С. И. Сорина



Участок Млечного Пути с туманностью Северная Америка (фото астрономического кружка при Бакинском дворце пионеров)

служба серебристых облаков. В ней участвуют многие учреждения, но инициатива и важная организующая роль принадлежит Всесоюзному астрономо-геодезическому обществу и его отделениям, в первую очередь Московскому, Эстонскому и Латвийскому. Дело это начинали любители астрономии.

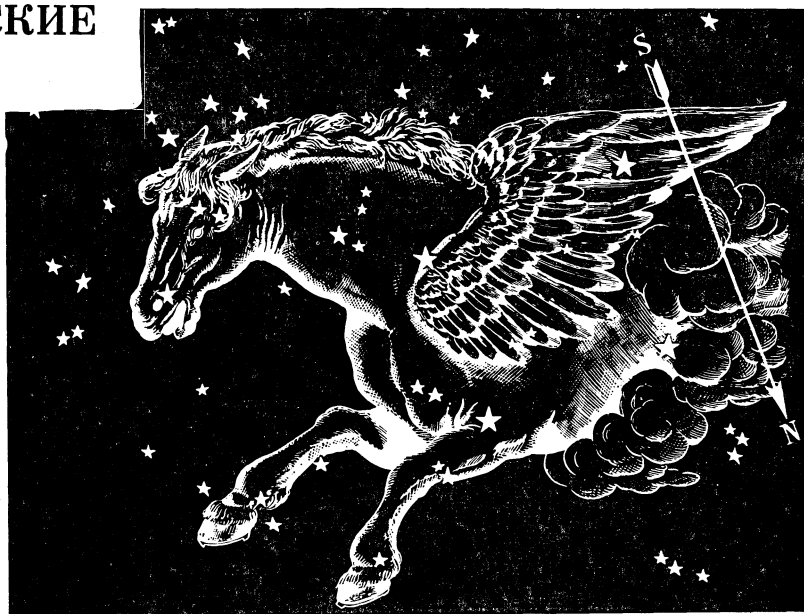
Любительские организации сыграли большую роль в подготовке будущих специалистов-астрономов. Из рядов коллектива наблюдателей Московского общества любителей астрономии (позже Московского отделения ВАГО) вышли члены-корреспонденты АН СССР П. П. Паренаго, Э. Р. Мустель, А. Б. Северный,

член-корреспондент АПН Б. А. Воронцов-Вельяминов, доктора наук В. В. Федьинский, Б. Ю. Левин, К. П. Станюкович, Е. Я. Бугославская и другие. Русское общество любителей мироведения дало науке таких ученых, как В. В. Шаронов, Н. Н. Сытинская, Е. Л. Кринов, И. С. Астапович.

В последнее время своеобразным центром молодежных любительских организаций стало Симферопольское (а затем — Крымское) общество юных любителей астрономии (СОЛЯ), организованное в 1946 г. Из его рядов уже вышли два кандидата наук, несколько научных работников-астрономов. Но главное даже не в этом, а в том, что симферополь-

цы нашли удачную форму организации школьников и молодежи для занятий астрономией и проведения ценных для науки наблюдений. Своими руками они построили обсерваторию, где недавно установлен изготовленный самими любителями 10-дюймовый рефлектор, а также подаренный Крымской астрофизической обсерваторией солнечный телескоп, метеорный патруль и другие приборы. Систематически проводятся метеорные экспедиции, число которых превысило сорок. По примеру СОЛЯ общества юных любителей астрономии созданы в Виннице, Иркутске, Новосибирске и ряде других городов. Во Львове организован

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В НОЯБРЕ — ДЕКАБРЕ 1967 ГОДА



Наступают самые продолжительные ночи — благоприятное время для астрономических наблюдений. 22 декабря в 16 часов 17 минут по московскому времени Солнце приходит в точку зимнего солнцестояния.

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО. В южной части звездного неба (рис. 1) Млечный Путь с созвездиями Лебедя, Стрелы, Орла и другими тянется почти через зенит на юго-запад. В меридиане, высоко над горизонтом, виден «большой квадрат» — созвездие Пегаса. Рас-

положение ярких звезд Пегаса вместе со звездами Андромеды напоминают ковчег Большой Медведицы. Верхняя левая звезда «квадрата» не принадлежит созвездию Пегаса — это α Андромеды. Ниже Пегаса в меридиане находится созвездие Водолея, а под ним, у горизонта — созвездия Козерога и Южной Рыбы, в последнем блестит яркая звезда 1-й звездной величины — Фомальгаут. Восточнее Пегаса находятся созвездия: Андромеда, Треугольник, Овен, Рыбы. В созвездии Рыб в это время хорошо виден

«Клуб познавателей Вселенной», в Шуе — общество «Вега», в Уфе, Новосибирске построены детские и юношеские обсерватории, в ряде городов они строятся.

Большое значение для самих любителей и для любительских организаций имеет строительство самодельных телескопов-рефлекторов высокого качества. Как это ни странно, но хороший любительский телескоп по оптическим качествам обычно превосходит фабричный, так как фабрика при обработке зеркала стремится лишь не превысить допуск (в отклонении формы от идеальной), а любитель старается

свести это отклонение к нулю.

В 1964 г. в Риге под руководством М. Л. Гайлиса был создан первый любительский 50-сантиметровый телескоп-рефлектор имени Ф. Блумбаха. Сейчас в Баку при Дворце пионеров под руководством С. И. Сорина шлифуется 52-сантиметровое зеркало. Готовятся к постройке полуметрового телескопа и симферопольцы. Число же 20—30-сантиметровых телескопов, построенных любителями, исчисляется десятками.

Но для телескопов нужны обсерватории. Они нужны и самим любителям для систематических наблюдений и для демонстрации

неба широким кругам населения. Вот почему призыв Всесоюзного астрономо-геодезического общества о строительстве в СССР народных обсерваторий был сразу же подхвачен советскими любителями.

Любители астрономии в СССР занимаются этой наукой не только для себя и не только ради самой науки. Значительную часть времени они отдают пропаганде научных знаний, приобщению к достижениям науки о космосе широких кругов нашего народа. В этом тоже немалая роль принадлежит советским любителям астрономии.

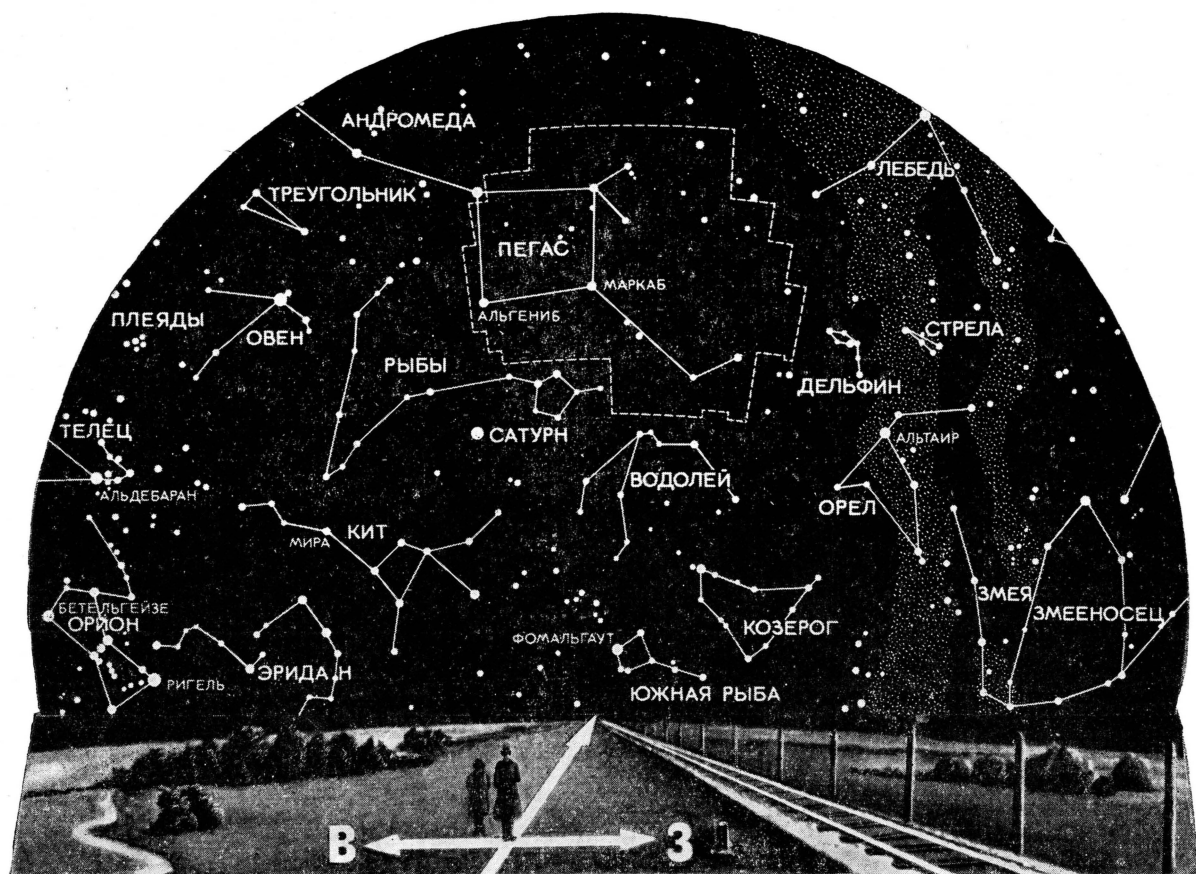


Рис. 1. Южная часть звездного неба 1 ноября в 20 часов местного времени ($\varphi = 56^\circ$)

Сатурн. В восточной стороне неба расположены созвездия Тельца с рассеянным звездным скоплением Плеяды, Ориона и Близнецов. Высоко над головой блещут звезды созвездия Кассиопеи, а в северной части меридиана — созвездия Большой Медведицы.

Пегас, по мифам Древней Греции, крылатый конь (его изображение на одной старинной звездной карте приведено в начале статьи), который помогал мифическим героям совершать удивительные подвиги.

Более поздние предания помещают Пегаса в общество муз за то, что он ударом копыта остановил гору Геликон, которая при звуках песен муз начала колебаться. На месте удара возник источник муз, из которого поэты черпали творческие силы. Крылатое выражение «оседлать Пегаса» стало символом поэтического вдохновения.

Самая яркая звезда созвездия Пегаса обозначена буквой ϵ (рис. 2—6 помещены на 4-й странице обложки), ее видимая звездная величина $2^m,54$. Звезда α Пегаса имеет несколько большую звезд-

ную величину $2^m,57$. Собственное имя этой звезды — Маркаб, что по-арабски означает седло. α Пегаса по диаметру в 2, а по светимости в 60 раз превосходит Солнце.

В созвездии насчитывается около 170 переменных звезд. Большинство из них недоступны наблюдениям в небольшие инструменты. Любителям можно рекомендовать провести наблюдения трех переменных звезд из созвездия Пегаса. β Пегаса — неправильная переменная, красный гигант, ее видимый блеск изменяется от $2^m,4$ до $2^m,8$. Большой интерес представляет для астрономов звезда AG Пегаса ($\alpha = 21^h 48^m,6$; $\delta = 12^\circ 23'$). По спектру она похожа на новую звезду, имеет неправильный период изменения блеска, а звездная величина ее колеблется между $6^m,0$ и $9^m,4$. Интересна также и затменная переменная звезда AT Пегаса ($\alpha = 22^h 10^m,8$; $\delta = 08^\circ 13'$). Звездная величина ее изменяется от $8^m,9$ до $9^m,7$, а период изменения блеска составляет $27^d 22^m$. На рис. 3 показана окрестность звезды AT Пегаса и даны звезды сравнения.

В созвездии Пегаса находится много красивых

звездных скоплений и далеких галактик, правда, в большинстве своем эти объекты слабые. В бинокли и небольшие трубы правее и немного выше ϵ Пегаса можно обнаружить небольшое туманное пятнышко. Это шаровое звездное скопление М 15 (рис. 4) ($\alpha = 21^{\text{h}}27^{\text{m}}.6$; $\delta = +11^{\circ}57'$). Видимая звездная величина скопления $6^{\text{m}}.0$; угловой диаметр $7'.4$.

На рис. 5 приведена фотография галактики NGC 7331, полученная на 5-метровом телескопе обсерватории Маунт Паломар с 30-минутной экспозицией. На фотографии хорошо видны спирали галактики. Координаты галактики: $\alpha = 22^{\text{h}}24^{\text{m}}.8$ и $\delta = +34^{\circ}10'$, видимая звездная величина $9^{\text{m}}.4$; угловые размеры $9'.0 \times 2'.0$. В телескопы с объективом от 60 мм при 20-кратном увеличении галактика наблюдается как веретенообразное пятнышко.

Рекомендуем обратить внимание на галактику NGC 7217. Ее координаты: $\alpha = 22^{\text{h}}05^{\text{m}}.6$ и $\delta = +31^{\circ}07'$; видимая звездная величина $10^{\text{m}}.2$, а угловые размеры $3'.0 \times 2'.5$. Она видна в телескопы того же диаметра, что и галактика NGC 7331. На фотографии (рис. 6), сделанной с помощью 5-метрового телескопа, показана галактика NGC 7217. Хорошо видны плотные спиральные образования.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ. Меркурий. В ноябре начинается период утренней видимости планеты. Ее можно наблюдать на фоне утренней зари в восточной части неба в созвездии Девы, видимая звездная величина около $0^{\text{m}}.5$. В начале декабря период видимости Меркурия заканчивается.

Венера. Продолжается период хорошей утренней видимости планеты. В начале ноября она находится в созвездии Девы, затем переходит в созвездие Весов. Со второй половины ноября условия наблюдений Венеры ухудшаются. Блеск планеты уменьшается от $-4^{\text{m}}.1$ в начале ноября до $-3^{\text{m}}.6$ в конце декабря.

Марс. В течение ноября — декабря восточная элонгация планеты растет и поэтому время наблюдений ее увеличивается от двух часов в начале ноября до четырех часов в конце декабря. Блеск планеты изменяется от $1^{\text{m}}.0$ до $1^{\text{m}}.3$. В начале ноября планета находится в созвездии Стрельца, а затем переходит в созвездие Козерога.

Юпитер. В ноябре — декабре планета располагается в созвездии Льва. В ноябре она восходит в первой половине ночи, а в декабре видна всю ночь. Блеск планеты в это время около $-1^{\text{m}}.5$.

Сатурн. Планета видна в первой половине ночи в созвездии Рыб как звезда $1^{\text{m}}.0$.

Уран. Его можно наблюдать по утрам в созвездии Девы. В декабре планета восходит около полуночи и видна до рассвета. Ее видимая звездная величина $5^{\text{m}}.5$.

Нептун. Планету (ее блеск $7^{\text{m}}.7$) можно наблюдать только во второй половине декабря в созвездии Весов.

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ. 15—20 ноября желательны провести наблюдения метеорного потока Леонид с координатами радианта: $\alpha = 10^{\text{h}}09^{\text{m}}$, $\delta = +22^{\circ}.3$. Ожидаемый момент максимума потока — 17 ноября в 20 часов московского времени.

В декабре можно будет наблюдать два метеорных потока: 13—14 числа Геминиды (координаты радианта: $\alpha = 7^{\text{h}}29^{\text{m}}$, $\delta = +32^{\circ}.4$) с числом метеоров около 50 в час, а 22 числа Урсиды ($\alpha = 15^{\text{h}}32^{\text{m}}$, $\delta = 83^{\circ}$) с числом метеоров около 10—20 в час.

Следует, однако, отметить, что наблюдения слабых метеоров в перечисленных выше потоках будут затруднены ввиду того, что потоки приходятся на моменты, близкие к полнолуниям 17 ноября и 16 декабря.

А. Д. МАРЛЕНСКИЙ,
доцент
В. Ф. ЗАБОЛОТНЫЙ

В следующем номере:

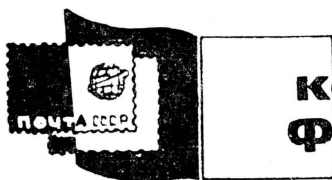
Член-корреспондент АН СССР В. В. СОБОЛЕВ — Физика звезд;

Профессор Я. Л. АЛЬПЕРТ — Низкочастотные волны около Земли и в Космосе;

Доктор физико-математических наук Б. Ю. ЛЕВИН — Вопросы планетной космогонии наших дней;

Доктор физико-математических наук Г. М. НИКОЛЬСКИЙ — Внеатомные наблюдения Солнца и большой советский коронограф;

Кандидат физико-математических наук А. Н. ДАДАЕВ — Советское Пулково.



КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

Первый советский искусственный спутник Земли на марках мира

Космическая филателия — ровесница космического века. В рисунках и надписях почтовых миниатюр отражена история исследования Космоса, это своего рода иллюстрированная летопись космической эры.

Первая в истории филателии марка, специально посвященная исследованию космического пространства с помощью искусственных спутников Земли, была издана Министерством связи СССР 5 ноября 1957 г. На ней изображен спутник на околоземной орбите и надпись: «4 октября 1957 г. Первый в мире советский искусственный спутник Земли». Затем эту марку выпустили вторично, но на другой бумаге и в другом цвете. Так возникла первая космическая серия. На следующий день, в канун 40-летия Великого Октября, в Румынии появилась серия из четырех марок, снабженных специальными купонами с пояснительными текстами о первом и втором советских искусственных спутниках, выведенных на орбиту вокруг Земли 4 октября и 3 ноября 1957 г. 7 ноября 1957 г. в ГДР вышла марка, посвященная Международному геофизическому году, с изображением первого советского искусственного спутника Земли.

Во всем мире известна оригинальная марка с портретом К. Э. Циолковского, изданная в ознаменование 100-летия со дня его рождения, а затем повторно выпущенная с надпечаткой: «4. X—57 г. Первый в мире искусствен. спутник Земли». На этой марке, исполненной офсетной пе-



частью по рисунку художника Ю. Гржешкевича, портрет К. Э. Циолковского дан на фоне искусственного спутника Земли, космической ракеты и планеты Сатурн.

В 1958 г. марки, рассказывающие о первом советском искусственном спутнике Земли, появляются и в других странах. Однако это не самостоятельные выпуски. Обычно такие марки входят в серии, посвященные Международному геофизическому году, по программе которого и был запущен этот спутник. Такие марки были изданы в Польше, Корейской Народно-Демократической Республике, Китае, Индонезии, Эквадоре. В последующие годы интерес почтовых ведомств многих стран к первому спутнику Земли не ослабевает: появляются ретроспективные выпуски. Преимущественно это марки в составе больших обзорных серий, освещающих достижения космонавтики разных стран. Они были изданы в Польше, Йемене, Кубе и в других странах. В некоторых странах отмечалось 5-летие космической эры выпуском специальных серий и блоков (Румыния, ГДР). Первому советскому спутнику посвящены марка интересного и оригинального блока, вышедшего в ГДР в 1962 г., а также марка из серии и марка на блоке, изданные в Румынии в том же году. Последние замечательны еще и тем, что они выполнены в стиле «марки на марках». На них воспроизведены первые румынские космические марки, о которых мы уже рассказали. В юбилейном 1967 году, когда одновременно отмечается 10-летие космической эры, в некоторых странах уже выпущены большие космические серии. Первая марка такой серии, изданной в Румынии, посвящена 10-летию первого советского спутника.

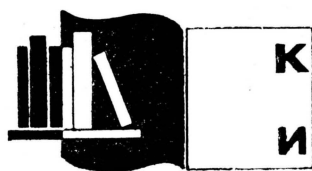
Первый искусственный спутник Земли изображен также на одной из марок красочного гвинейского почтового блока, отличающегося безупречным полиграфическим исполнением. Марки этого блока рассказывают о некоторых этапах развития советской космонавтики, а одна из них (в центре блока) — о первой ее вехе — первом искусственном спутнике Земли. Любопытно, что на четырех марках блока воспроизведен рисунок космонавта А. Леонова с его автографом и дарственной надписью, адресованной газете «Комсомольская правда»: «Для «Комсомолки». 8.3.65».



Всего в СССР и в 15 зарубежных странах издано около 80 марок, посвященных первому советскому спутнику. Разумеется, наибольшее число марок с изображением первого спутника вышло в свет в нашей стране. Это были специальные выпуски — юбилейные; марки в составе серий, посвященных Дню космонавтики; обзорные серии, рассказывающие о наиболее важных этапах развития советской космонавтики и ее главных достижениях. Изображения первого советского спутника можно найти и на марках, не отражающих непосредственно успехи в исследовании космического пространства. Так, в

связи со 100-летием Международного союза электросвязи (МСЭ) большинство стран выпустило специальные серии, показывая на марках современные спутники связи. Советская марка, посвященная этому юбилею, отличается от аналогичных марок тем, что на ней изображен первый советский искусственный спутник Земли, с которым впервые в истории радиосвязи была осуществлена двусторонняя космическая связь. Эта марка оригинальна еще и потому, что сокращенное название Союза электросвязи написано знаками азбуки Морзе.

В. А. ОРЛОВ



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

«АТЛАС ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ. ЧАСТЬ II»

До начала космических исследований Луны наши сведения о ее обратной стороне ограничивались только нешироким поясом, идущим по границе видимого и невидимого полушарий — вдоль так называемой либрационной зоны, т. е. области, которая периодически, но под очень большим ракурсом бывает доступна наблюдениям с Земли вследствие явления оптической либрации Луны. С Земли, таким образом, удалось обследовать около 59% поверхности лунного шара, остальные же 41% могли быть изучены из точки наблюдения, расположенной вне Земли, т. е. с помощью космической техники. Не удивительно, что в 1959 г., когда в Советском Союзе начались первые исследования Луны с помощью космической техники, они были направлены на решение этой задачи.

Первые фотографии обратной стороны Луны были получены третьей советской лунной ракетой («Луна-3») в октябре 1959 г. Снимки этой автоматической межпланетной станции охватывали значительную часть освещенного Солнцем сектора обратной стороны Луны и прилегавших к нему районов видимого полушария (на снимках без перспективных искажений вышли моря, ле-



жащие на границе видимой и невидимой сторон: Море Гумбольдта, Море Смита, Море Краевого, Море Южное). К сожалению, условия, в которых впервые фотографировали обратную сторону Луны, были таковы, что для центральных районов фотографировавшейся области Солнце находилось высоко и детали лунной поверхности не отбрасывали теней. Многочисленные кратеры тонули в светлой окраске материковых областей и с трудом угадывались при специальной обработке снимков. Впрочем, это

обычная картина при фотографических наблюдениях Луны в полнолуние.

Результаты первого фотографирования обратной стороны Луны были опубликованы в «Атласе обратной стороны Луны» («Наука», М., 1960 г.). В нем содержались снимки большого сектора обратного полушария, а также описание проведенного эксперимента, процесса обработки и каталог 500 деталей, выявленных после специальной обработки. 18 самых замечательных деталей рельефа этого сектора Луны получили наименования.

В 1965 г. фотографирование обратной стороны Луны было продолжено космическим аппаратом «Зонд-3», пролетевшим вблизи Луны по гелиоцентрической орбите. «Зонд-3» был оснащен совершенной фототелевизионной аппаратурой, с помощью которой с расстояния 10 000—11 000 км от центра Луны была получена серия из 23 снимков значительной части не снятого ранее сектора обратной стороны Луны. Снимки передавались на Землю в режиме быстрого просмотра, а затем 14 из них были переданы полностью в нормальном режиме. Благоприятная фаза и хорошая разрешающая сила снимков позволили без большого труда узнать

на них десятки деталей западного края видимой стороны и найти без специальных ухищрений тысячи мелких деталей на обратной стороне Луны.

Материалы обработки фотографий, полученных «Зондом-3», вместе с материалами перезаписи снимков 1959 г. составили основу нового атласа — «Атласа обратной стороны Луны. Часть II», которая недавно вышла из печати. Научный руководитель работ по «Атласу» — доктор физико-математических наук Ю. Н. Липский. По сути дела это новое полнейшее издание атласа обратного полушария Луны по советским материалам. Но этим, разумеется, не исчерпывается содержание книги.

Первые разделы книги посвящены описанию полета, проведению эксперимента по фотографированию Луны с борта «Зонда-3» и работе бортовой фототелевизионной системы. Далее следуют центральные разделы «Атласа», в которых астрономы Отдела физики Луны и планет Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга совместно с фотограмметристами и специалистами по фототелевизионной технике решили так называемую задачу привязки к опорной координатной сети видимой стороны Луны деталей секторов обратного полушария, сфотографированных в 1959 и 1965 гг. В основу опорной сети был положен отечественный «Сводный каталог пространственных координат 160 базисных точек», составленный в Главной астрономической обсерватории АН УССР в 1965 г. и являющийся в настоящее время наиболее точным.

На большом числе вклеек в масштабе 1:5 000 000 приведены фотокарты сфотографированной «Зондом-3» обратной стороны Луны, полученные фототрансформированием исходных снимков. Таким способом удалось сочетать фотографическую детальность и

документальность с точной картографической сеткой. В книге приведены и снимки 1959 г. с новыми картографическими сетками. Это улучшенные перезаписью кадры, опубликованные еще в первом издании «Атласа». Коллектив астрономов ГАИШ провел также дешифрование снимков, полученных «Зондом-3», и составил каталог около 3500 образований этого сектора. Каталог снабжен большим количеством карт-схем для опознавания деталей на снимках.

В специальном разделе «Атласа» воспроизведены все фотографии «Зонда-3» в том виде, в каком они были переданы на Землю, из них 9 — в режиме быстрого просмотра и 14 — в нормальном режиме.

Три специальных раздела посвящены статистическим и фотометрическим исследованиям обратной стороны Луны по фотографиям, полученным «Зондом-3». Астрономы Пулковской обсерватории изучили плотность распределения, размеры и формы кратеров по этим снимкам; астрономы Голосеевской обсерватории применили фотометрический метод изучения рельефа обратного полушария Луны в области, прилегающей к терминатору, а астрономы Харьковской обсерватории провели фотометрическое исследование 209 участков по всему сектору, заснятому «Зондом-3». Фотометрические исследования показали, что по оптическим свойствам материи, моря и светлые точки на обратной и видимой стороне Луны полностью аналогичны, но на исследованной части обратного полушария преобладают светлые области (материки).

Последний раздел «Атласа» содержит краткий глобальный обзор лунной поверхности. После завершения первых исследований поверхности лунного шара сложилась неожиданная ситуация: лунные моря оказались сосредото-

ченными, главным образом, в одном полушарии, именно в полушарии, обращенном к Земле. Как отмечает З.Д. Копал — руководитель группы исследователей Луны Манчестерского университета (Англия), это приводит к несостоятельности гипотезы образования лунных морей в результате падения на Луну астероидов и планетезималей (при таком происхождении морей их размещение должно быть хаотичным). Астрономы ГАИШ предполагают, что в несимметричности расположения морей на лунной поверхности важную роль сыграла значительная неоднородность лунной коры. Крупнейшие лунные впадины — моря и талассоиды — расположены в широком поясе, имеющем наклон к плоскости лунного экватора 20—30°. Очевидно, этот пояс был когда-то экватором вращения Луны, а сама Луна как вращающееся тело имела приплюснутую форму. Когда Земля притормозила вращение Луны вокруг оси, центробежная сила, поддерживавшая эту форму Луны, уменьшилась. Произошли значительные опускания в поясе экватора вращения и образовавшиеся впадины разгрузили создавшиеся напряжения в коре. Там, где кора оказалась непрочной, произошли излияния лавы и образовались моря. Но период вращения Луны вокруг оси тогда не совпадал еще с периодом ее орбитального обращения вокруг Земли. Приливное действие Земли продолжало тормозить его, но очень неравномерно: резче тормозилось полушарие, где было много полужидкой лавы. И тогда-то разница периодов осевого и орбитального вращения Луны совсем исчезла, а полушарие с морями так и осталось навсегда обращенным к Земле...

В приложении к «Атласу» приведены списки наименований образований, предлагаемых для характерных деталей сфотографи-

рованного в 1965 г. сектора обратной стороны Луны. Эти списки представлены Комиссии Международного астрономического союза для рассмотрения на его XIII Генеральной ассамблее (Прага, август 1967 г.).

Богатый материал, полученный «Зондом-3», далеко не исчерпывается теми работами, которые вошли во II часть «Атласа обратной стороны Луны». Поэтому не случайно во введении к книге упоминается о необходимости издания впоследствии Дополнения к «Атласу».

В историческом аспекте «Атлас обратной стороны Луны» за-

вершил эпоху первоначальных исследований лунного шара в целом. Как известно, вскоре после эксперимента «Зонда-3» резко расширились исследования Луны с помощью космических аппаратов новых разнообразных назначений: были совершены мягкие посадки автоматических станций на ее поверхность, запущены искусственные спутники Луны. Исследования, проводимые этими космическими станциями, являются продолжением и развитием тех первых экспериментов по фотографированию Луны из космоса, которые начались в Советском Союзе в 1959—1965 гг. Разнооб-

разные материалы — фотографические, графические, числовые, составившие II часть «Атласа обратной стороны Луны», должны сыграть важную роль в грядущих исследованиях нашего спутника.

Коллектив, работавший над «Атласом обратной стороны Луны», посвятил этот труд светлой памяти академика Сергея Павловича Королева, крупнейшего ученого и конструктора в области ракетной техники и исследований космического пространства.

Ю. П. ПСКОВСКИЙ,
кандидат
физико-математических наук

Напоминаем Вам, что продолжается подписка на реферативные журналы Академии наук СССР:

«Астрономия»;

«Геофизика» (сводный том и отдельные выпуски «Геомagnetизм и высокие слои атмосферы», «Метеорология и климатология», «Океанология. Гидрология суши. Гляциология», «Физика Земли», «Геологиче-

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

ские и геохимические методы поисков полезных ископаемых. Методы разведки и оценка месторождений. Разведочная и промысловая геофизика»;

«Геодезия»;

«Исследование космического пространства».

Реферативные журналы издаются с указателями и без

них. Для индивидуальных подписчиков установлена подписная цена на год значительно ниже, чем для учреждений и организаций.

Подписка принимается в пунктах «Союзпечати», во всех отделениях связи, а также общественными распространителями печати на предприятиях, в учреждениях и учебных заведениях.

Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Научно-популярный
журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора доктор физ.-мат. наук И. А. ХВОСТИКОВ
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН
Кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, доктор техн. наук
А. А. ИЗOTOV, кандидат физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, кандидат
физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН, доктор физ.-мат. наук
Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат
физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, кан-
дидат физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук
К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВ-
СКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор
физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ,
академик В. Г. ФЕСЕНКОВ

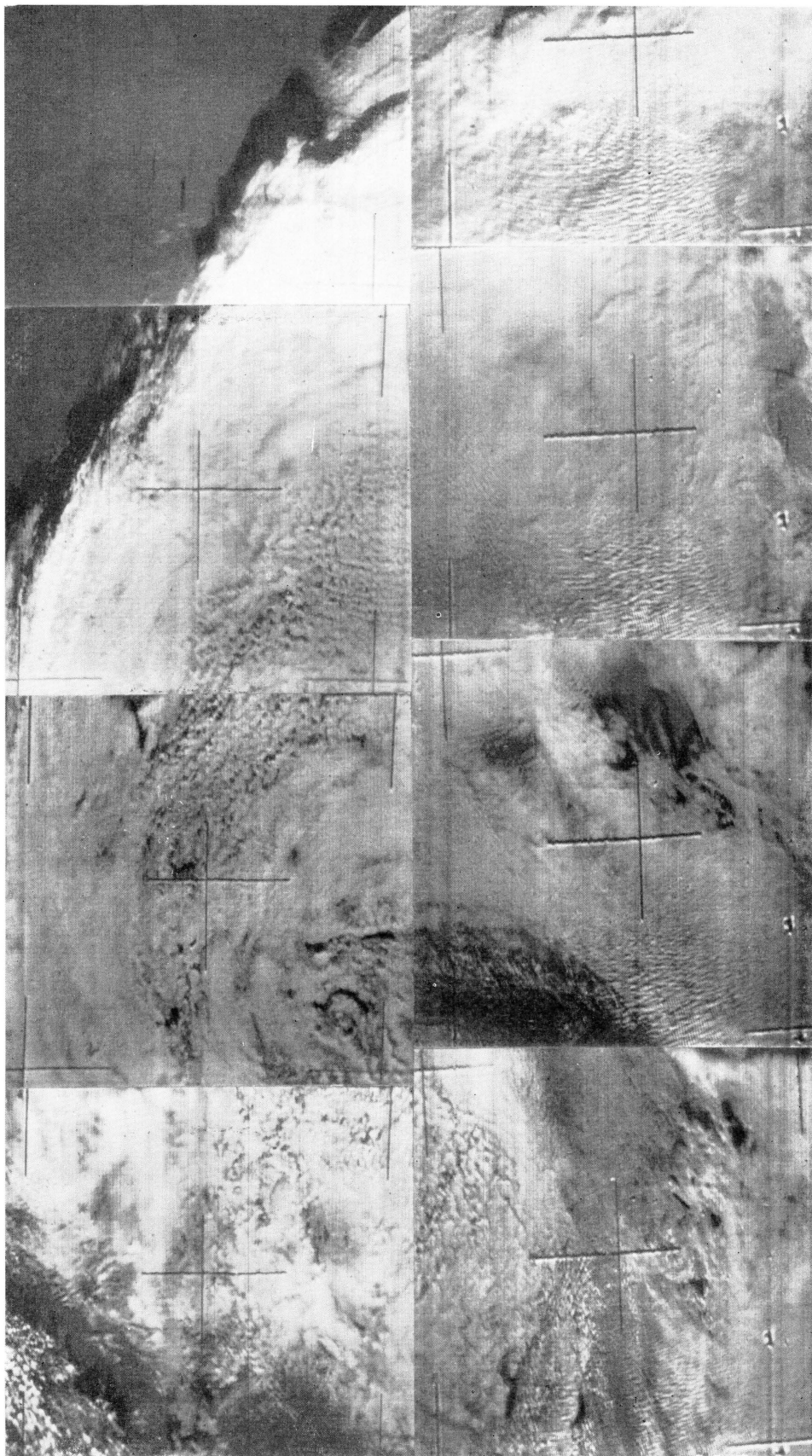


Адрес редакции:
Москва В-333,
Ленинский пр., 61/1.
Тел. АВ 7-78-14
АВ 7-67-09

Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

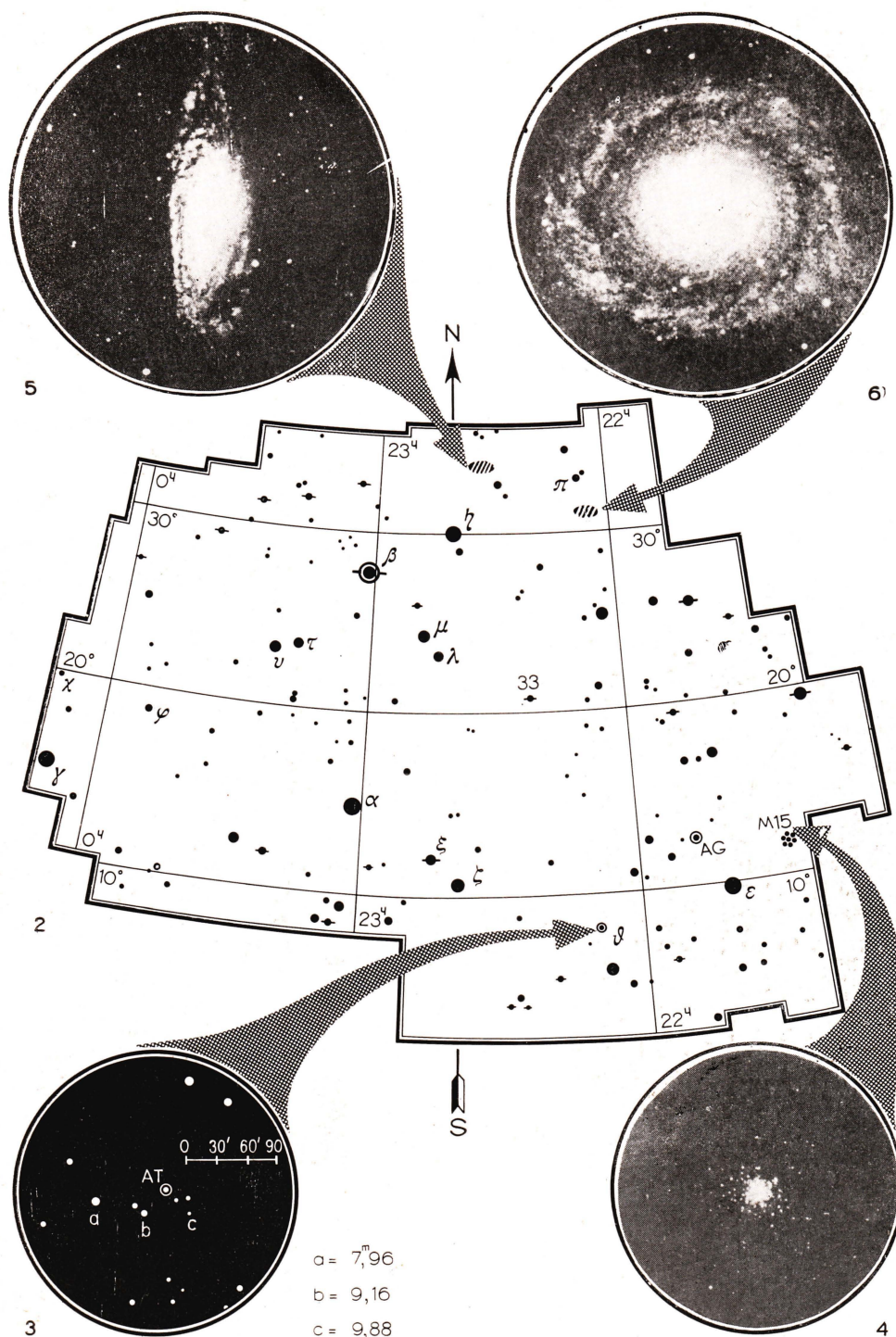
Корректоры: А. М. Балунова,
Г. Н. Нелидова

Сдано в набор 14/VII 1967 г. Подписано
к печати 3/X 1967 г. Формат бум. 84×108¹/₁₆
Печ. л. 6,0. Усл. печ. л. 10,08 + 1 вклейка.
Бум. л. 3,0. Уч.-изд. л. 10,2. Тираж 42 000
Заказ 3169 Цена 30 коп.



Снимок, полученный 5 июля 1967 г. с ИСЗ «Космос-144». Отчетливо просматривается облачность фронтальных разделов, связанных с окклюдированным циклоном. Центр циклона располагался над Восточно-Европейской равниной

Созвездие Пегаса



Цена 30 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО



«НАУКА»

Индекс 70336

Дорогие читатели, не забудьте своевременно
оформить подписку на журнал
«ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ» на 1968 г.